

~~S 7017~~

D 36

Biologische Untersuchungen an Nordseemakrelen
(*Scophthalmus maximus* L.)

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Hohen Philosophischen Fakultät
der Christian-Albrechts-Universität
zu Kiel

B 6 150 S

Vorgelegt
von
Erdal Aker



K I E L
1 9 5 8

Erster Berichterstatter: Prof. Dr. R. K ä n d l e r

Zweiter Berichterstatter: Prof. Dr. Krey

Tag der mündlichen Prüfung: 7. II. 1959

Zum Druck genehmigt: Kiel, den 9. III. 1959

Dekan

Ger. Martin

M E I N E N E L T E R N

1918

1918

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Einleitung	1
I. Altersbestimmungen	5
1. Untersuchungen an Schuppen	5
a) Schwierigkeiten der Antnahme	5
b) Erste Anlage und Messungen; Folgerung	5
2. Untersuchungen an Otolithen	9
a) Methodisches	9
b) Beschreibung der Gestalt	10
c) Art der Zonenbildungen	11
d) Interpretation als Jahresringe	12
3. Ergebnisse	15
II. Längen- und Altersverteilung	32
1. Seefänge	32
a) Februar/März 1956	32
b) Juni/Juli 1956	34
c) August/September 1956	37
d) Oktober 1956	37
2. Marktfänge	39
III. Der Längengewichtskoeffizient	43
1. Definition	43
2. Markt- und Seefänge	44
IV. Variabilität des Streifenmusters der Makrele	48
V. Geschlechtsverhältnis und Reife	51
1. Das Geschlechtsverhältnis	51
2. Reifestadien und Eintritt der Geschlechtsreife .	52
VI. Die Fruchtbarkeit der Makrele	57
1. Material	57
2. Zählmethode und Ergebnisse	59
3. Beziehung zwischen Eizahl und Gewicht	63
4. Beziehung zwischen Eizahl und Länge	68
5. Beziehung zwischen Eizahl und Gonadengewicht ...	74
Zusammenfassung	80
Literaturverzeichnis	84

E i n l e i t u n g

Die Makrele ist der großen Gruppe der Teleostier und innerhalb dieser Gruppe der Familie Scombridae zugeordnet. Sie gehört zu den pelagischen Fischen und zählt, obwohl sie keine Schwimmblase hat, mit ihrem torpedoförmigen Körper und der tiefgegabelten Schwanzflosse zu den besten Schwimmern unter den Knochenfischen.

Das Verbreitungsgebiet der Art *Scomber scombrus* L. ist sehr groß, besonders unter Einschluß der Mittelmeer- und der amerikanischen Makrele. In Nordeuropa dehnt es sich entlang der skandinavischen Küste bis Nordnorwegen aus; durch das Skagerrak und das Kattegat gelangt die Makrele in die Ostsee und gelegentlich sogar in den Finnischen Meerbusen. In der Nordsee und an allen britischen und französischen Küsten ist sie häufig zu finden; von der Biskaya an Spanien vorbei dringt sie südwärts bis zu den Kanarischen Inseln vor. Auch im Mittelmeer, besonders im Bosphorus und Marmarameer sowie im Schwarzen Meer, ist sie vertreten, und an den Ostküsten von Nordamerika wird sie von Labrador bis Cap Hatteras gefischt.

Entsprechend ihrer Verbreitung ist auch die fischereiliche Bedeutung der Makrele groß. Wenn auch im Vergleich zu der amerikanischen Makrelenfischerei im Pazifik diejenige Europas gering ist, konnte doch in den letzten 25 Jahren eine Steigerung des Fangertrages auf das Doppelte beobachtet werden. Im Jahre 1931 betrug der Gesamtfang in Nord- und Westeuropa ohne Mittelmeer (nach E. Ehrenbaum) rund 52 Mill. kg; im Jahre 1955 waren es bereits 111 Mill. kg.

Im selben Jahre (1955) erfaßte statistische Werte geben den Anteil wieder, mit dem Meeresgebiete und Länder am Gesamt-Makrelenfang beteiligt sind: Mit 48 % steht die Nordsee als Meeresgebiet an der Spitze, gefolgt von

Skagerrak, Kattegat und Beltsee mit 25 % und den Irischen Gewässern, Kanal, Biskaya und der portugiesischen Küste mit den verbleibenden insgesamt 27 %. Hinsichtlich der Erträge der einzelnen Länder steht Frankreich mit 30 % an der Spitze, gefolgt von Holland mit 15 %, Dänemark mit 14 %, Norwegen und Schweden mit 10 bis 11 %, Spanien, Portugal, Großbritannien mit weniger als 10 %; Deutschland war nur mit 3 % am Gesamtfang beteiligt, diese 3 % wurden zum größten Teil bei der Heringsfischerei in der Nordsee und im Skagerrak gefischt. (Nach Bulletin statistique 1955.)

Der Fischfang Gesamteuropas betrug im letztgenannten Jahr 7 934 Mill. kg, davon wurden zu 1,4 % Makrelen gefischt. Noch geringer ist der Anteil des Makrelenfischfanges am gesamtdeutschen Fischfang: Von 800 000 t Fischen waren nur 3 400 t Makrelen (0,43 %). Bisher hat sich das Bild nicht wesentlich geändert.

Auch das Interesse, das man auf wissenschaftlichem Gebiet der Makrele zollt, ist verhältnismäßig spät erwacht und hat sich erst in den letzten 25 Jahren entscheidend entwickelt und gesteigert. Es ist noch immer nicht genug bekannt über diesen Nutzfisch, der der Menge nach in der Artenliste der genutzten Meeresfische an achter Stelle steht, obwohl die bisherigen Veröffentlichungen jener Wissenschaftler, die sich in den vergangenen 50 Jahren mit der Altersbestimmung, der Wachstumsgeschwindigkeit, dem Alters- und Größenaufbau der Bestände beschäftigt haben, immer wieder zeigten, welch interessantes Objekt wissenschaftlicher Untersuchungen die Makrele ist.

Von diesen Wissenschaftlern ist an erster Stelle E. Ehrenbaum (1914) zu nennen, der umfangreiche Untersuchungen über die Biologie der Makrele anstellte; so z.B. auch über die Größenverteilung in Marktfängen (1912). Auch ist er dem Problem der ersten Schuppenbildung nach-

gegangen und zu der Erkenntnis gelangt, daß die Schuppen der Makrele nach dem ersten Winter angelegt werden. D. Nilsson (1914) hat die Ergebnisse Ehrenbaums zum Teil ergänzt, zum Teil ihnen widersprochen, und zwar hinsichtlich der ersten Schuppenbildung: D. Nilsson behauptet, die Schuppen werden in der ersten Wachstumsperiode angelegt. H. Lissner (1939), der die Adria- und Bosporus-Makrele zum Objekt seiner Untersuchungen machte, pflichtet D. Nilsson bei; J. le Gall (1928) machte Reifebestimmungen und Altersanalysen an Marktfängen aus Nordsee, Kanal und Keltischem Meer, während R. Kändler (1954) die wichtigsten bisherigen Ergebnisse über die Makrelen im Nordseeraum zusammenstellte und über Alter und Wachstum der in der westlichen Ostsee gefangenen Makrelen berichtete. P.G. Corbin und G.A. Steven (1939) teilten Untersuchungsergebnisse mit, die sie in englischen Gewässern fanden, und W. Nümann (1955) ist wie D. Nilsson und H. Lissner der Ansicht, daß die Makrele Schuppen in der ersten Wachstumsperiode anlegt (was die Makrele des Schwarzen Meeres, des Bosporus und der Marmara anbetrifft).

Da nach der Veröffentlichung E. Ehrenbaums zunächst eine Zeitspanne folgte, die wenig wichtige Erkenntnisse über die vorhandenen Probleme der Makrele brachte, wurde im Dezember 1937 in Plymouth eine Gemeinschaftsarbeit vereinbart, für die englische, französische und irische Forscher ihre Mitarbeit bei Untersuchungen im Keltischen Meer zusagten. Bei der Diskussion wurden Richtlinien für weitere Untersuchungen an der Makrele aufgestellt, die Schwierigkeiten bei der Bestimmung der Reifestadien V und VI betont und festgestellt, daß die Otolithen bis etwa 30 cm langer Makrelen zwar lesbar sind, ihre Deutung jedoch vorläufig noch unsicher sei und auf Vermutungen beruhe (E. le Danois 1939).

Diesem Problem nachzugehen und zu seiner Klärung beizutragen, gehört auch zu den mir gestellten Aufgaben. Für

die Altersbestimmungen an Hand von Otolithen und für Untersuchungen über das Wachstum wurde möglichst umfangreiches Untersuchungsmaterial gesammelt, und zwar am Kieler Seefischmarkt aus Anlandungen von der Nordsee, dem Kattegat und der Ostsee sowie auf vier Fahrten mit "Anton Dohrn" in die nördliche, mittlere und südliche Nordsee.

Die richtige Auswertung dieses Materials wurde mir durch die Anleitung und vielfache Unterstützung meines hochverehrten Lehrers, Herrn Prof. Dr. Rudolf Kändler, des Leiters der Fischereiwissenschaftlichen Abteilung des Instituts für Meereskunde an der Universität Kiel, ermöglicht; ihm möchte ich hier an erster Stelle meinen tiefsten Dank aussprechen.

Für die Erlaubnis meiner Teilnahme an den Fahrten mit "Anton Dohrn" sei Herrn Dr. Schubert, Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Hamburg, und Herrn Dr. Aurich, Biologische Anstalt Helgoland, List auf Sylt, herzlich gedankt.

I. Altersbestimmungen

=====

Die Frage der sichersten Methode in der Lesung der Jahresringe ist immer noch offen, denn die Altersbestimmung stößt sowohl bei den Schuppen als auch bei den Otolithen auf verschiedene Schwierigkeiten.

1. Untersuchungen an Schuppen

a) Schwierigkeiten der Entnahme

Um mit den Schuppen zu beginnen: Es ist sehr schwer, unbeschädigte Schuppen zu erhalten, da gefangene Makrelen stark um sich schlagen, so daß sie die locker sitzenden Schuppen sofort verlieren. Ihre Entnahme ist nur möglich, wenn man die Makrele mit der Angel fängt. Läßt man die geangelten Fische sofort in Tüten gleiten, bleiben die Schuppen am Papier kleben, oder wenn man den Fischkörper sofort fest in der Mitte umfaßt, lösen sich die Schuppen und schieben sich ober- und unterhalb der Hand zusammen. Auf diese Weise erhält man zuverlässige Proben. Vereinzelt kann man noch feststehende Schuppen von der Basis der Brustflossen und auch manchmal am Rücken und hinter den Kiemendeckeln finden, doch soll hierbei darauf hingewiesen werden, daß diese Schuppen wenig geeignet zur Altersbestimmung sind. Hinzu kommt, daß abgefallene oder beschädigte Schuppen auch regeneriert werden. Somit müßten für die Altersbestimmung eine Anzahl der in oben geschilderter Weise gewonnenen Schuppen untersucht und von ihnen die ältesten herausgesucht werden. Daß diese Tatsachen die Altersbestimmung bedeutend unsicher machen und erschweren, liegt auf der Hand.

b) Erste Anlage und Messungen; Folgerung

Die Frage, ob die Schuppen bereits im ersten oder erst im zweiten Lebensjahr angelegt werden, wurde bisher ver-

schieden beantwortet. E. Ehrenbaums Schuppenuntersuchungen (1923) ergeben in der Lesung der Jahresringe ein Jahr weniger als bei den Otolithen; er schließt daraus, daß die Schuppen erst nach dem ersten Winter, d.h. zu Beginn der zweiten Wachstumsperiode, angelegt werden. D. Nilsson (1914), H. Lissner (1939) und W. Nümann (1955) hingegen vermuten übereinstimmend, daß die Schuppen in der ersten Wachstumsperiode gebildet werden. Hierbei sei jedoch einschränkend bemerkt, daß H. Lissner und W. Nümann diese Feststellung auf Grund von Untersuchungen an der Adria-, Schwarzmeer-, Bosporus- und Marmara-Makrele machen.

Bei der sorgfältigen Untersuchung von kleinen Nordseemakrelen von 9 bis 12 cm Länge, die Ende September gefangen wurden und unzweifelhaft der 0-Gruppe angehörten - die Fische wurden zuvor mit alkoholischer Alizarin-Lösung gefärbt, um auch die kleinsten Schuppen kenntlich zu machen -, habe ich tatsächlich bei einer Länge von 10 cm ab Schuppen gefunden. Wenn an jedem Exemplar auch nur einige wenige Schuppen vorhanden waren - die Mehrzahl war vermutlich bei der Vorbehandlung der Fische (Lagerung auf Eis und spätere Konservierung in Formol) verlorengegangen -, so war es doch möglich, an ihnen Messungen auszuführen und die Skleritenringe zu zählen. Die Ergebnisse sind in Tab. 1 zusammengestellt. Die kleinsten Schuppen wiesen bei einer Größe von 0,3 x 0,2 mm 3 bis 4 ~~mm~~ Skleritenringe auf, doch fanden sich auf demselben Fisch auch größere Schuppen mit 7-11 Skleritenringen. Die größte an einem Fisch von 10,0 cm Länge gefundene Schuppe - leider war nur noch eine einzige vorhanden - maß 1,1 x 0,9 mm und zeigte 9 Skleritenringe.

Aus diesen Feststellungen kann mit Sicherheit der Schluß gezogen werden, daß bei der Nordseemakrele die Schuppen bei einer Länge von etwa 8-10 cm angelegt werden. Damit ist der Beweis erbracht, daß die Anlage der Schuppen bereits im ersten Lebensjahr erfolgt, und zwar Ende des

Sommers und im Verlauf des Herbstes. An noch kleineren Exemplaren, nämlich von 4-6 cm Länge, die man bisher kaum gefangen hatte, habe ich in Übereinstimmung mit der obigen Feststellung keine Schuppen entdecken können. Der Fang, den ich am 8. September 1956 mit einem Ketscher von einem Fischkutter aus nachts bei Kabellampenlicht auf hoher See (Position: $54^{\circ}50'N$ $0^{\circ}30'O$) gemacht habe, bestand aus 15 Exemplaren mit Längen von 44-60 mm.

Tab. 1 - Schuppenmessungen an kleinen Makrelen
des 1. Jahrganges
 (29. September 1956, mittlere Nordsee)

Körper- länge cm	Schuppen- länge mm	Schuppen- breite mm	Zahl der Skleriten
10,0	0,4	0,3	4
	0,6	0,4	5
10,0	0,4	0,3	4
	0,7	0,4	7
	0,7	0,6	11
	0,8	0,7	7
10,0	0,7	0,4	9
10,0	0,8	0,6	9
10,0	1,1	0,9	9
10,1	0,3	0,2	3
	0,3	0,3	4
	0,4	0,2	3
	0,4	0,3	4
	0,6	0,3	5
	0,7	0,4	5
	0,7	0,4	6
	0,7	0,6	8
	0,7	0,6	8
10,1	0,3	0,2	4
	0,4	0,3	4
	0,6	0,4	5
	0,7	0,4	7
12,1	0,4	0,3	5
	0,4	0,3	5
	0,4	0,3	4
	0,4	0,3	5
	0,4	0,3	5
	0,4	0,3	7
	0,4	0,3	5
	0,6	0,3	5
	0,7	0,4	5
	0,9	0,6	5
	0,9	0,6	9
	0,9	0,6	9
	0,9	0,6	9

2. Untersuchungen an Otolithen

Bei der Altersbestimmung an Hand von Otolithen ergeben sich allerdings - wie bereits angedeutet - ebenfalls Schwierigkeiten, die u.a. darin wurzeln, daß einmal die Jahresringe nicht immer gut lesbar sind und dann, wenn sie lesbar sind, ihre Deutung nicht immer einwandfrei ist.

a) Methodisches

Um eine gute Lesbarkeit der Jahresringe zu ermöglichen, habe ich verschiedene Experimente gemacht. Es sei hier vorweggenommen, daß das für diese Untersuchungen benutzte Material frisch und in ausreichender Menge - es wurden von mir 1 849 Altersbestimmungen an frischen Makrelen gemacht - zur Verfügung stand.

Um die Otolithen zu gewinnen, wird der Schädel in Höhe des Praeoperculum dorsal aufgeschnitten, und zwar in der ganzen Breite des Fischkopfes. Indem der Schädel mit der linken Hand zurückgebogen wird, öffnet sich die Wunde breit, so daß es leichter wird, die spitze Pinzette einzuführen und die Otolithen aus der knöchernen Schädelkapsel herauszuholen. Der Schnitt soll nicht zu tief sein, da in diesem Falle eine starke Blutung eintreten kann, die das Auffinden der Otolithen sehr erschwert. Jeder Otolith wird sorgsam gesäubert und mit laufender Nummer zur späteren Identifizierung versehen. Die beiden trockenen Otolithen werden sodann in ein mit Methylbenzoat gefülltes Röhrchen gelegt, das mit einem Korken verschlossen werden muß. Würde man noch feuchte Otolithen in Methylbenzoat legen, würde sich letzteres chemisch verändern und die Otolithen klebrig werden lassen, was wiederum die spätere Lesung erheblich erschweren würde. Bevor ich Methylbenzoat als geeignetste Lösung sowohl zur Aufbewahrung als auch vor allem zur Aufhellung von Otolithen benutzen konnte, hatte ich Versuche mit anderen Flüssigkeiten gemacht. Zu allererst habe ich die Otolithen trocken unter dem

Binokular untersucht. Es waren nur sehr undeutliche Zonen zu erkennen, woraus gefolgert werden muß, daß die Altersbestimmung an Hand von trockenen Otolithen unmöglich ist. Daraufhin wurden die Otolithen in Wasser gelegt, dann nacheinander in 60proz. und 80proz. Alkohol, aber in keiner dieser Flüssigkeiten waren die Otolithen gut lesbar. Erst Glycerin, nach dem Versuch mit Xylol, das auch schon H. Lissner vorschlägt, ließ die Zonen deutlicher erkennen. Aber den entscheidenden Erfolg brachte dann - als Abschluß der Versuchsreihe - Methylbenzoat, das die opaken und hyalinen Zonen deutlich hervortreten läßt und damit eine weitgehend sichere Lesung möglich macht.

b) Beschreibung der Gestalt

Die richtige Deutung der Jahresringe, die eigentliche Schwierigkeit bei der Altersbestimmung an Hand von Otolithen, hat neben der Kenntnis des inneren Aufbaus hauptsächlich ein gründliches Studium der Otolithen während der verschiedenen Wachstumsstadien zur Voraussetzung.

Zur Untersuchung wurde stets die im Sacculus gelegene Sagitta, der größte der drei bei einem Knochenfisch jederseits im häutigen Labyrinth vorhandenen Otolithen, gewählt. Die beiden anderen Otolithen, Asteriscus und Lapillus, sind wegen ihrer geringen Größe zur Altersbestimmung unbrauchbar.

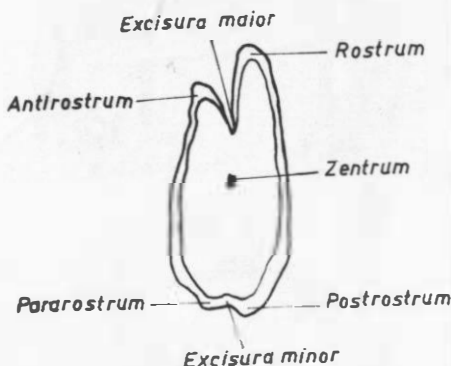


Abb. 1

Der langgestreckte, leicht gebogene Otolith (Abb. 1) wendet seine konvexe Fläche nach innen zur Mittellinie des Fisches und seine konkave Fläche nach außen zu. Betrachtet man den Otolithen in dieser Lage, so ist auffallend, wieviel reicher gliedert die konvexe Innen-,

d.h. nach innen gerichtete, Fläche als die konkave Außenfläche ist (H. Lissner 1939). Auf dieser konvexen Innenfläche verläuft eine Längsfurche, "Sulcus acusticus" genannt, die von beiden Seiten durch die Cristen, gratförmige Erhöhungen, eingeschlossen ist. Der Sulcus mündet in einen tiefen Einschnitt, die Excisura maior, die das lange ventrale Rostrum von dem kleinen, dorsal gelegenen Antirostrum trennt. Auf der äußersten Spitze beginnend, zieht die ventral gelegene gratförmige Wand dieser Excisura in leichtem Bogen nach hinten und endet ziemlich plötzlich vor dem Hinterrand des Otolithen. Die dorsal gelegene Wand der Excisura bildet einen schärferen Grat und läuft flach auf das Postrostrum zu aus. Diesem gegenüber liegt das kleinere hintere Rostrum, das Pararostrum, getrennt wiederum durch einen Einschnitt, der der Excisura maior entspricht, nur nicht so tief ist und im Laufe des Wachstums fast ganz verschwindet (Excisura minor).

Die konkave Außenfläche ist - wie gesagt - im Vergleich zur konvexen Innenfläche glatt. Das Zentrum ist schwach erhaben und von einer flachen Ringfurche umgeben, den "Kern" von der sich nach außen anschließenden breiten weißen Fläche abgrenzend. An diese Zone schließen sich weitere ringförmige, immer flacher auslaufende Flächen an, so daß das Ganze ein - von außen nach innen ansteigendes - terrassenförmiges Aussehen bekommt.

c) Art der Zonenbildungen

Was den inneren Aufbau des Makrelenotolithen anbetrifft, so ist die allgemeine Auffassung vorhanden, der Otolith bestehe aus einer organischen Grundsubstanz und einer anorganischen Substanz, Calciumcarbonat (CaCO_3). Die Grundmasse soll faseriger Natur sein, in die das Calciumcarbonat in Form länglicher Kristalle eingebettet ist. Man erklärt die Bildung der opaken Zonen damit, daß im Frühjahr und Sommer viel Kalk ausgeschieden wird, so daß

die Zone undurchsichtig und im schwarzen Untersuchungs-
schälchen bei auffallendem Licht hell erscheint, während
die hyaline Zone, die im Herbst - Winter gebildet wird,
wenn wenig Kalk ausfällt, durchsichtiger ist und dadurch
den schwarzen Grund des Schälchens durchschinen läßt. (Ver-
gleichend hierzu sei auf die Ausführungen H. Lissners [1925]
über den Herings- und F. Immermanns [1908] über den Schol-
lenotolithen hingewiesen.) H. Lissner vertritt in seiner
Arbeit über die Makrele des Adriatischen Meeres (1939) die
Ansicht, daß die Otolithen der Larven und Jungfischchen in
der Weise wachsen, daß zuerst ein organischer Kern gebildet
wird, der durch Einlagerung von Kalk verfestigt wird, und
daß dann die Bildung organischer Zonen und kalkhaltiger Zo-
nen miteinander abwechselt. Er erklärt daraus auch die Ring-
struktur des Otolithen. Bei den älteren Makrelen soll das
Wachstum der organischen Zonen bei nur geringer Einlagerung
von Kalk den Winter über weitergehen und zu Beginn des
Frühjahrs nach Beendigung des Laichgeschäftes eine hyaline
Randzone vorhanden sein, die dann in kurzer Zeit stark ver-
breitert wird und später durch Einlagerung von Calciumcar-
bonat allmählich ihre endgültige Struktur erhält.

d) Interpretation als
Jahresringe

Die Deutung der Zo-
nenbildungen an Otolithen
als Jahresringe geht aus
den nachfolgenden Photo-
graphien von Otolithen,
deren Aussehen typisch für
die jeweilige Längengruppe
ist und deren Träger im

Abb.2a - Otolith einer
Makrele von
5,5 cm Länge.
Fangdatum:
8.9.1956
(Altersgr. 0)
Vergr. 20mal





b. 2b - Otolith einer Makrele von 24 cm Länge mit 2 Wachstumszonen. Fangdatum: 20.10.1956 (Altersgr.I).Vergr.20mal

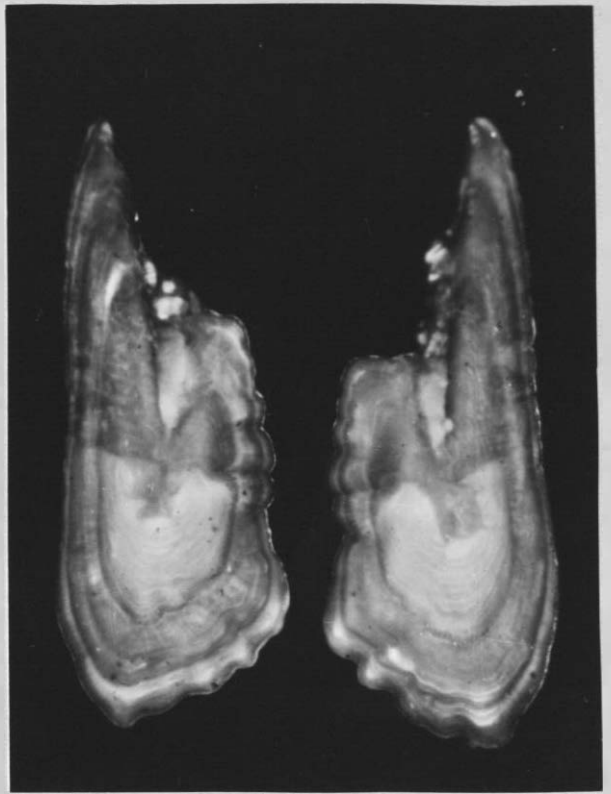


Abb. 2c - Otolith einer Makrele von 29 cm Länge mit 3 Wachstumszonen. Fangdatum: 29.8.1956 (Altersgr.II).Vergr.20mal



b. 2d - Otolith einer Makrele von 32 cm Länge mit 4 Wachstumszonen. Fangdatum: 30.8.1956 (Altersgr.III).Vergr.20mal

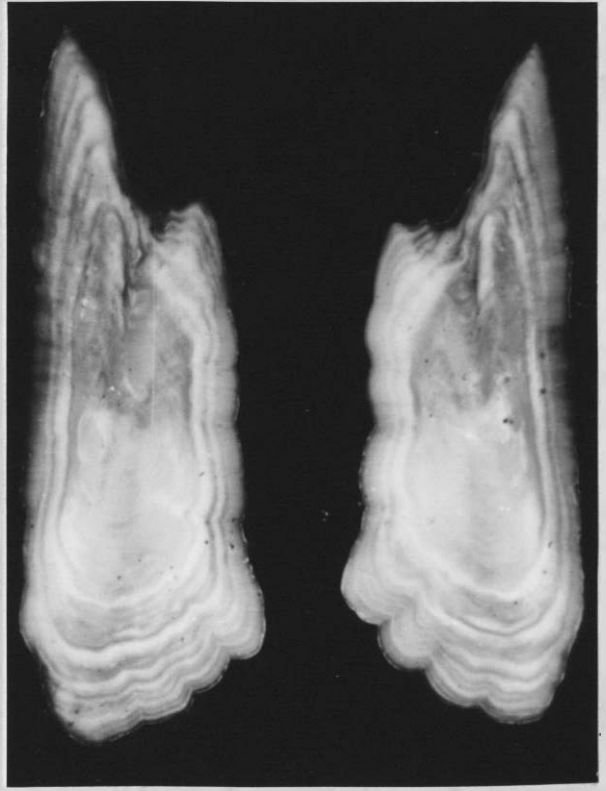


Abb. 2e - Otolith einer Makrele von 35 cm Länge mit 6 Wachstumszonen. Fangdatum: 4.9.1956 (Altersgr.V).Vergr.20mal

Herbst 1956 (Ende August bis Oktober) in der Nordsee gefangen wurden, hervor.

Auf Abb. 2a ist der Otolith einer 5,5 cm langen, im Spätsommer gefangenen Makrele dargestellt. Er ist rundlich mit bereits vorhandener Spitze, dem zukünftigen Rostrum. Dieser Spitze gegenüber ist auch schon das Antirostrum zu erkennen, dazwischen die Einkerbung der *Excoisura maior*. Das halbkugelig erhabene Zentrum liegt in der Nähe des ventralen Randes und ist von einer weißen opaken Zone umgeben. Diese Makrele ist am 8. September 1956 gefischt worden, gehört zur Altersgruppe 0 und ist 2-3 Monate alt.

Abb. 2b zeigt den Otolith einer 24 cm langen Makrele. Um ein gut sichtbares Zentrum liegt wieder eine breite weiße Zone, auf die ein hier etwas unregelmäßig gebildeter hyaliner Ring folgt. Beide zusammen sind im Verlauf der ersten Wachstumsperiode bis zum ersten Winter entstanden. Das im folgenden Frühjahr erneut einsetzende Wachstum wird durch die anschließende weiße Zone dargestellt, auf die dann wieder eine schmale hyaline Zone folgt. Diese Makrele ist am 20. Oktober 1956 gefangen worden und etwa ein Jahr und vier Monate alt, gehört somit zur Altersgruppe I.

Abb. 2c stellt den Otolith einer 29 cm langen Makrele dar. Die Abbildung zeigt sehr deutlich um ein hyalines Zentrum abwechselnd drei weiße opake und drei hyaline Zonen. Der Fisch steht also im dritten Lebensjahr, er wurde am 29. August 1956 gefangen und ist also etwa zwei Jahre und zwei Monate alt (Altersgruppe II).

Der Otolith auf Abb. 2d gehört zu einer 32 cm langen Makrele. Wieder folgt auf das hyaline Zentrum eine breite opake Zone, an die sich dann eine hyaline Zone schließt, auf die wiederum eine opake folgt. Während man auf dem Rostrum sehr deutlich eine regelmäßige Folge von hyalinen und opaken Zonen sieht, erkennt man am Hinterrand zum ersten Male Sekundärringe, die bei älteren Makrelenotolithen die

Deutung des Alters erschweren. Diese Makrele ist etwa drei Jahre und zwei Monate alt, gehört also zur Altersgruppe III; sie wurde am 30. August 1956 gefangen.

Der Otolith einer 35 cm langen Makrele der Altersgruppe V ist auf Abb. 2e abgebildet. Bei diesem alten Otolithen findet man viele Sekundärringe am wellig gekanteten Hinterrand. Die Excisura minor ist fast zugewachsen, was auch eine typische Alterserscheinung ist. Wie am Rostrum am ehesten zu erkennen ist, hat dieser Otolith sechs hyaline und sechs opake Zonen. Die Makrele wurde am 4. September 1956 gefischt; ihr Alter beträgt etwa fünf Jahre und drei Monate.

Es sei nochmals nachdrücklich darauf hingewiesen, daß das Fangdatum eines Fisches entscheidend für die Bezeichnung der Altersgruppe ist, der er angehört. Die Exemplare, deren Otolithen hier abgebildet sind, wurden im Herbst (September-Oktober) gefangen, zu einem Zeitpunkt also, an dem das Jahreswachstum bereits nahezu abgeschlossen und demgemäß der neue Jahresring schon fast in seiner ganzen Breite ausgebildet ist. Er wird jedoch dem allgemeinen Brauch entsprechend bei der Bezeichnung der Altersgruppe noch nicht mitgezählt. Im Verlauf des folgenden Winters nimmt dieser äußerste Jahresring nur wenig an Breite zu, so daß Otolithen von Fischen des gleichen Jahrgangs, die im folgenden Winter und zu Beginn des Frühjahres gefangen werden, etwa das gleiche Aussehen haben, wie in Abb. 2b-e. Erfolgte der Fang solcher Fische ab 1. April, so würde man sie jeweils zur nächst höheren Altersgruppe rechnen müssen (Abb. 2b: II-Gruppe; 2c: III-Gruppe; 2d: IV-Gruppe; 2e: VI-Gruppe).

3. Ergebnisse

Während der vier "Anton-Dohrn"-Fahrten wurden insgesamt 12 018 Makrelen gemessen, von denen 1 849 Exemplare zur Altersbestimmung benutzt wurden. Die Ergebnisse der Län-

- u. Alters-

generale Analysen sind in den Tabellen 2-5 zusammengestellt, wobei die Zahlen der auf das Alter untersuchten Tiere in Klammern beigelegt sind. Nach diesen Ergebnissen der Altersbestimmungen wurden in jeder cm-Gruppe die Anteile der einzelnen Altersgruppen berechnet. Die so gewonnenen Zahlen dienen der Berechnung der mittleren Länge unter Berücksichtigung einer Korrektur von 0,5 cm, da die Fische dem allgemeinen Brauch entsprechend nur auf den unteren vollen Zentimetern gemessen wurden.

Zur besseren Übersicht sind in Tab. 6 die wichtigsten Ergebnisse übersichtlich zusammengestellt, und zwar für jede Altersgruppe die mittlere Länge, die Grenzen der Längenvariationen und die Anzahl der jeweils auf das Alter untersuchten Tiere. Bei der Altersgruppenbezeichnung ist zu berücksichtigen, daß nach dem 31. März ihre Benennung um 1 zu erhöhen ist, so daß beispielsweise die Altersgruppe I im Februar/März 1956 (Jahrgang 1954) ab Juni zur Altersgruppe II wird.

Da das Material in der Zeit von Mitte Februar bis Ende Oktober 1956 gewonnen worden ist, wird in der Zunahme der mittleren Längen der Altersgruppen das Wachstum während eines Jahres deutlich sichtbar. Dies gilt besonders für die Altersgruppen 0/I und II/III, in denen sich die Längenwerte von 17,1 cm auf 23,6 cm bzw. von 30,2 cm auf 32,5 cm erhöhen. Es fällt auf, daß der dazwischenliegende Jahrgang 1954 (die Altersgruppe I/II) sehr spärlich vertreten ist. In den Fängen von Juni/Juli 1956 fehlt sie gänzlich, und auch in den Fängen der anderen Fahrten ist die Zugehörigkeit der wenigen Exemplare zu dieser Altersgruppe zum Teil fraglich. Bereits in den graphischen Darstellungen der Abb. 3 weist die breite Lücke zwischen den Maxima bei 12 und 29-30 cm (Februar/März), bei 19 und 30 cm (Juni/Juli) sowie bei 23 und 31-32 cm (August/September) darauf hin, daß hier ein Jahrgang praktisch fehlt, da die Differenzen zwischen den jeweiligen Gipfelwerten zu groß sind, als daß sie für das Wachstum eines Jahres angesehen werden können. Der fehlenden

Altersgruppe II kommt eine mittlere Länge von etwa 27 cm zu.

Bereits R. Kändler (1954) weist darauf hin, daß Messungen von Ehrenbaum (1921) an Makrelen, die im Sommer 1908 bei Helgoland gefangen worden waren, ein Maximum bei 26-27 cm zeigen. Den Beweis für die Richtigkeit meiner Altersbestimmungen brachten Messungen, die Herr Dr. Schubert während der "Anton Dohrn"-Fahrt im September/Okttober 1957 in der mittleren und südlichen Nordsee ausführen ließ (Abb. 4). Die Längenverteilung an 2 924 Makrelen zeigt ein Hauptmaximum bei 27 cm, also genau an der Stelle, an der ein Jahr zuvor ein ausgesprochenes Minimum vorhanden war. Es sind dies die Angehörigen des Jahrgangs 1955, dessen Wachstum in den Fängen von Februar bis Oktober 1956 verfolgt werden konnte und der nunmehr als Altersgruppe II eine mittlere Länge von rund 27 cm erreicht hat. Außerdem beobachten wir eine kleine Häufung bei 11-12 cm, die der 0-Gruppe zukommt (Jahrgang 1957). In der großen Lücke zwischen den beiden genannten Maxima fehlt wiederum praktisch ein Jahrgang, der in der I-Gruppe stehende Jahrgang 1956. Diese Altersgruppe war im Jahre zuvor sehr reich vertreten und hatte eine mittlere Länge von etwa 23 cm, ein Längenbereich, der 1957 praktisch nicht vertreten ist. Diese Feststellungen deuten auf sehr ausgeprägte Fluktuationen im Makrelenbestand der Nordsee hin, eine Erscheinung, die zu weiteren Untersuchungen auffordert.

Bei den höheren Altersgruppen (ab III) ist eine merkliche Größenzunahme während des Jahres nicht zu beobachten. Dabei kann ein Vergleich allerdings nur bis August/September gemacht werden, da im Oktober vorwiegend einjährige Exemplare und nur vereinzelt ältere erbeutet wurden. Aus den errechneten mittleren Längen geht hervor, daß nach Eintritt der Geschlechtsreife das Wachstum von März bis August, d.h. während und nach der Laichzeit, nur gering ist, wenn man den Ergebnissen an Hand relativ weniger Exemplare jeder Altersgruppe überhaupt ein solches Gewicht beimessen darf. Das Längenwachstum scheint bei älteren Tieren erst nach der Laichzeit im Herbst stärker einzusetzen, wie die Zunahme

der mittleren Längen in den höheren Altersgruppen von August/September bis Februar/März zeigt.

Um die Ergebnisse der sich über neun Monate erstreckenden Altersbestimmungen auszugleichen, habe ich für jede Altersgruppe die jeweils erhaltenen Mittelwerte für den Zeitraum Februar bis August nochmals gemittelt. Die so erhaltenen mittleren Längen repräsentieren etwa die Größenverhältnisse jeder Altersklasse im Frühsommer zur Laichzeit und sind damit den Werten anderer Autoren, die etwa zur selben Jahreszeit ermittelt wurden, vergleichbar. Soweit ich in der Literatur Angaben finden konnte, habe ich diese in Tab. 7 zusammengestellt. Die wichtigsten davon sind in Abb. 5 zur Darstellung von Wachstumskurven verwendet worden.

Über die Wachstumsgeschwindigkeit der Nordseemakrele liegen noch Untersuchungen von E. Ehrenbaum (1912), D. Nilsson (1914) und R. Kändler (1954) vor. Die von diesen Autoren mitgeteilten mittleren Längen der einzelnen Altersgruppen differieren untereinander und gegenüber den von mir festgestellten in mehr oder minder großem Ausmaße. Als Beispiel sei auf Altersgruppe III verwiesen, für die mittlere Längen zwischen 29,5 cm (D. Nilsson) und 33,2 cm (R. Kändler) angegeben werden. Der von mir gefundene Wert von 30,6 cm ist um 1 1/2 cm niedriger als der von E. Ehrenbaum gefundene (32,0 cm). Betrachten wir Altersgruppe V, so variieren die Angaben zwischen 33,5 cm (D. Nilsson) und 37,5 cm (R. Kändler). Der von mir gefundene Wert von 35,0 cm liegt nahe an dem Wert von E. Ehrenbaum (35,4 cm). Insgesamt liegen die mittleren Längen der Altersgruppen R. Kändlers am höchsten, bei D. Nilsson dagegen am niedrigsten, wobei die Differenz zwischen beiden 2-4 cm beträgt, das heißt mehr als das Wachstum von ein bis zwei Jahren. Meine eigenen Werte liegen etwa in der Mitte zwischen denen der beiden genannten Autoren und differieren im allgemeinen nur wenig von denjenigen E. Ehrenbaums, in den höheren Altersgruppen (ab VI) liegen meine Mittelwerte durchweg am niedrigsten. Ziehen wir die Angaben von G.A. Steven und P.G. Corbin (1939)

für das Keltische Meer heran, so zeigt sich eine weitgehende Übereinstimmung mit meinen Ergebnissen. Den Angaben von J. le Gall (1939) aus der Biskaya liegen wohl keine exakten Altersbestimmungen zugrunde, sondern nur Häufungswerte in den Meßreihen, über deren Zuordnung zu bestimmten Altersgruppen man Zweifel haben kann.

Ganz andersartige Wachstumsverhältnisse liegen offensichtlich im Mittelmeerraum vor, wo die Makrele wesentlich langsamer wächst. Auch hier zeigt die Gegenüberstellung der Ergebnisse von H. Lissner (1937, 1939) und W. Nümann (1955), insbesondere für die Daten aus dem Bosporus, daß die Verhältnisse hier noch keineswegs geklärt sind.

Um eine anschauliche Vorstellung davon zu geben, wie nach meinen Untersuchungen das Wachstum der Makrele im Verlaufe des ersten bis vierten Lebensjahres erfolgt, ist in Abb. 6 die Längenverteilung in den Altersgruppen 0-IV dargestellt. Man sieht, wie mit fortschreitendem Wachstum das Variations-Polygon mit seiner ausgeprägten Spitze ständig weiter nach rechts rückt.

Hinsichtlich der Wachstumsunterschiede der Geschlechter finden wir keine Hinweise darauf, daß die Weibchen rascher wachsen als die Männchen, wie dies bei vielen anderen Nutzfischen, z.B. Gadiden und Plattfischen, der Fall ist. Die auftretenden Differenzen zwischen den errechneten mittleren Längen der Geschlechter in den stärker repräsentierten Altersgruppen sind wohl meist zufälliger Art (Tab.8,9). Eher könnte man aus ihnen auf ein etwas rascheres Wachstum der Männchen schließen. Sowohl in meinem wie auch dem Material R. Kändlers (1954) sind die größten Exemplare (45-46 cm) Männchen; die Weibchen erreichen danach eine maximale Länge von 43 cm. Diese Verhältnisse müßten noch an einem großen Material geprüft werden.

Tab. 2 - Altersbestimmungen an Nordseemakrelen, Februar/März 1956
(in Klammern: Anzahl der Altersbestimmungen)

Jahr- gang	1955	1954	1953	1952	1951	1950	1949	1948	1947	1946	Insg.
Alters- gruppe	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX +	♂+♀
11 om	2(1)										2(1)
12	-										-
13	-										-
14	1(1)										1(1)
15	7(6)										7(6)
16	15(13)										15(13)
17	10(8)										10(8)
18	6(6)										6(6)
19	4(4)										4(4)
20	1(1)										1(1)
21	2(2)										2(2)
22											-
23											-
24		1(1)									1(1)
25		2(1)									2(1)
26											-
27			7(2)								7(2)
28			47(13)								47(13)
29			143(47)								143(47)
30			120(43)								120(43)
31			77(25)	6(2)							83(27)
32			15(5)	28(9)							43(14)
33			5(1)	71(14)		5(1)					81(16)
34				47(10)	47(10)	5(1)	4(1)				103(22)
35				25(5)	44(9)	53(11)	-				122(25)
36				3(1)	11(4)	22(8)	8(3)	3(1)			47(17)
37						15(6)	7(3)	5(2)			27(11)
38							4(2)	7(3)			11(5)
39								7(3)			7(3)
40								2(2)			4(4)
41									2(2)		1
42											-
43											-
44											-
45											-
46										1(1)	1(1)
Anzahl	48(42)	3(2)	414(136)	180(41)	102(23)	100(27)	23(9)	24(11)	3(2)	1(1)	898(294)
Mittl. Länge cm	17,1	25,1	30,2	33,9	35,1	35,9	36,8	38,5	40,8	46,5	
Diffr. cm	8,0	5,1	3,7	1,2	0,8	0,9	1,7	2,3	5,7		

Tab. 3 - Altersbestimmungen an Nordseemakrelen, Juni/Juli 1956⁺

Jahr- gang	1955	1954	1953	1952	1951	1950	1949	1948	Insg.
Alters- gruppe	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	♂+♀
17 cm	1								1
18	9								9
19	20								20
20	5								5
21	4								4
22	1								1
23	2								2
24	1								1
25	2								2
26	1								1
27									
28			2						2
29			12						12
30			13						13
31			10						10
32			1	1					2
33			1	6	2	1	1		11
34				2	10	2	2		16
35				2	9	-	3		14
36					4	2	1		7
37						2	1	3	6
38							1	1	2
39							1	1	2
Anzahl	46		39	11	25	7	10	5	143
Mittl. Länge cm	20,3		30,5	34,0	35,1	35,7	36,1	38,1	
Diff. cm		10,2	3,5	1,1	0,6	0,4	2,0		

⁺Exemplare der Altersgruppe II nicht vorhanden.

Tab. 4 - Altersbestimmungen an Nordseemakrelen, August/September 1956
(in Klammern: Anzahl der Altersbestimmungen)

Jahr- gang	1955	1954	1953	1952	1951	1950	1949	1948	1947	Insg.
Alters- gruppe	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX +	♂+♀
16 cm	13(6)									13(6)
17	21(10)									21(10)
18	37(15)									37(15)
19	41(17)									41(17)
20	97(31)									97(31)
21	532(73)									532(73)
22	1689(151)									1689(151)
23	2021(97)									2021(97)
24	563(77)									563(77)
25	180(41)	18(4)								198(45)
26	51(12)	38(9)								89(21)
27		35(8)								35(8)
28		32(9)								32(9)
29		18(6)	56(18)							74(24)
30			408(88)	5(1)						413(89)
31			431(83)	62(12)	5(1)					498(96)
32			166(26)	121(19)	13(2)					300(47)
33			8(1)	235(28)	8(1)	33(4)	8(1)			292(35)
34				243(33)	118(16)	74(10)	30(4)			465(63)
35				48(6)	146(18)	146(18)	32(4)			372(46)
36				5(1)	19(4)	74(16)	32(7)			130(28)
37						21(3)	14(2)	7(1)		42(6)
38							3(1)			3(1)
39							4(2)	2(1)		6(3)
40										
41									2(1)	2(1)
42										
43									2(1)	2(1)
Anzahl	5245(530)	141(36)	1069(216)	719(100)	309(42)	348(51)	123(21)	9(2)	4(2)	7967(1000)
Mittl. Länge cm	23,0	27,5	31,2	33,6	34,9	35,5	35,8	37,9	42,5	
Diff. cm	4,5	3,7	2,4	1,3	0,6	0,3	2,1	4,6		

Tab. 5 - Altersbestimmungen an Nordseemakrelen, Oktober 1956⁺
(in Klammern: Anzahl der Altersbestimmungen)

Jahr-	1955	1954	1953	1952	1951	1950	1949	1948	Insg.
Alters- gruppe	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII+	♂+♀
20 cm	35(16)								35(16)
21	130(39)								130(39)
22	570(85)								570(85)
23	1286(84)								1286(84)
24	714(84)								714(84)
25	171(47)								171(47)
26	59(26)								59(26)
27	22(12)								22(12)
28	4(1)								4(1)
29									-
30									-
31		1(1)	4(4)						5(5)
32			3(2)						3(2)
33			-				1(1)		1(1)
34			2(2)						2(2)
35					1(1)	3(3)			4(4)
36					1(1)				1(1)
37					1(1)				1(1)
38									-
39							1(1)		1(1)
40								1(1)	1(1)
Anzahl	2991(394)	1(1)	9(8)		3(3)	3(3)	2(2)	1(1)	3010(412)
Mittl. Länge cm	23,6	31,5	32,5		36,5	35,5	36,5	40,5	
Diff. cm	7,9	1,0	3,0		1,0	4,0			

⁺Exemplare der Altersgruppe IV nicht vorhanden.

Tab. 6 - Mittlere Längen der Altersgruppen (in cm) 1956
(in Klammern: Anzahl der Altersbestimmungen)

Altersgruppe	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII+
Februar/März (14.2.-10.3.)	17,1 (42)	25,1 (2)	30,2 (136)	33,9 (41)	35,1 (23)	35,9 (27)	36,8 (9)	38,5 (11)	40,8 (2)
Variationsgrenzen	11-21	24-25	27-33	31-36	34-36	33-37	34-38	36-40	-
Altersgruppe	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX+
Juni/Juli (26.6.-8.7.)	20,3 (46)	-	30,5 (39)	34,0 (11)	35,1 (25)	35,7 (7)	36,1 (10)	38,1 (5)	-
Variationsgrenzen	17-26	-	28-33	32-35	33-36	33-37	33-39	37-39	-
August/September (28.8.-14.9.)	23,0 (530)	27,5 (36)	31,2 (216)	33,6 (100)	34,9 (42)	35,5 (51)	35,8 (21)	37,9 (2)	42,5 (2)
Variationsgrenzen	16-26	25-29	29-33	30-36	31-36	33-37	33-39	37-39	41-43
Oktober (15.10.-28.10.)	23,6 (394)	31,5 (1)	32,5 (8)	-	36,5 (3)	35,5 (3)	36,5 (2)	-	40,5 (1)
Variationsgrenzen	20-28	-	31-34	-	35-37	-	33-39	-	-
Mittelwert (cm) Februar-September	20,1 (1012)	26,3 (39)	30,6 (399)	33,8 (152)	35,0 (93)	35,7 (88)	36,2 (42)	38,2 (18)	42,2 (5)
Differenz (cm)		6,2	4,3	3,2	1,2	0,7	0,5	2,0	4,0

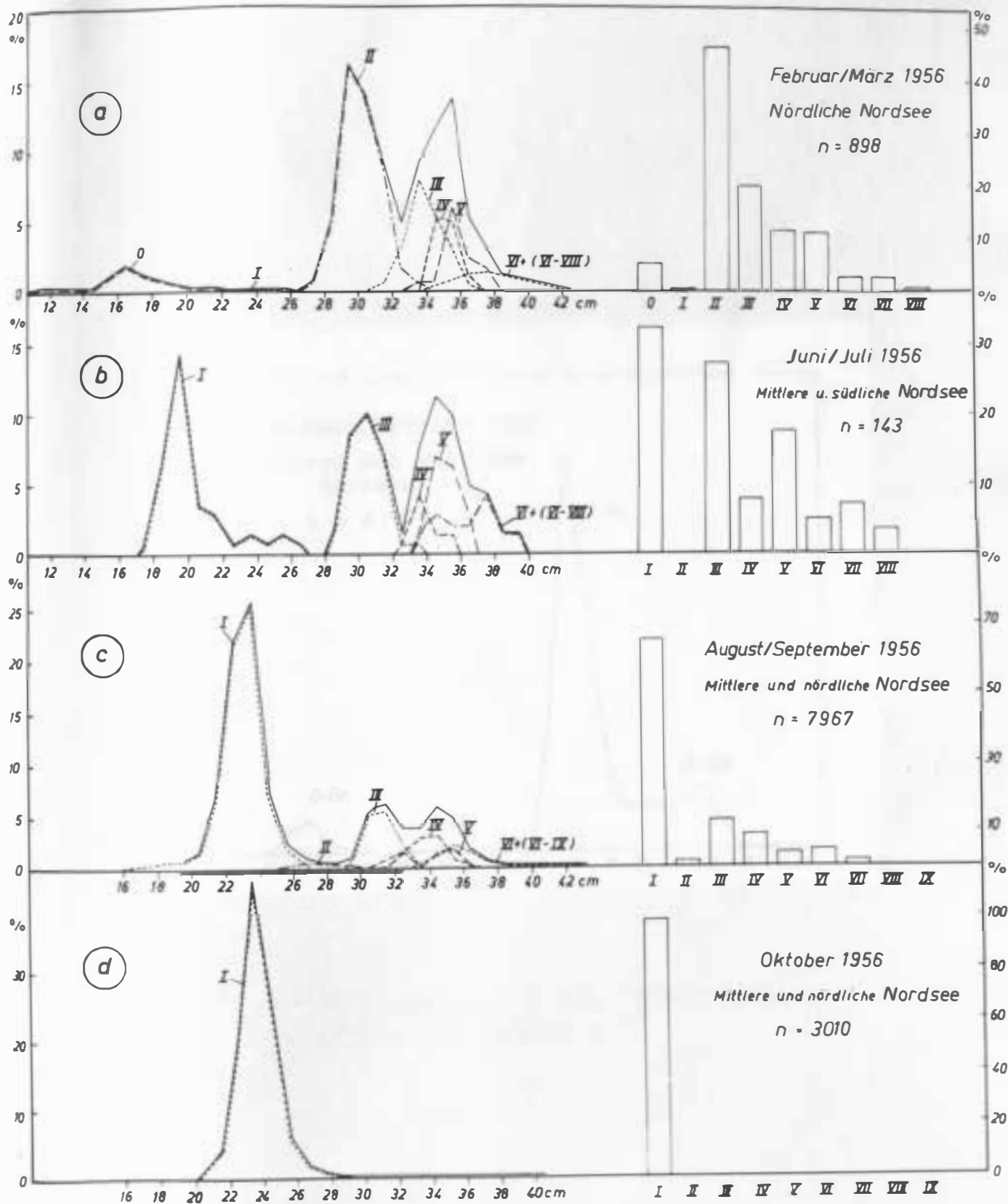


Abb. 3 - Längen- und Altersverteilung bei Nordseemakrelen
(Februar/März-Oktober 1956)

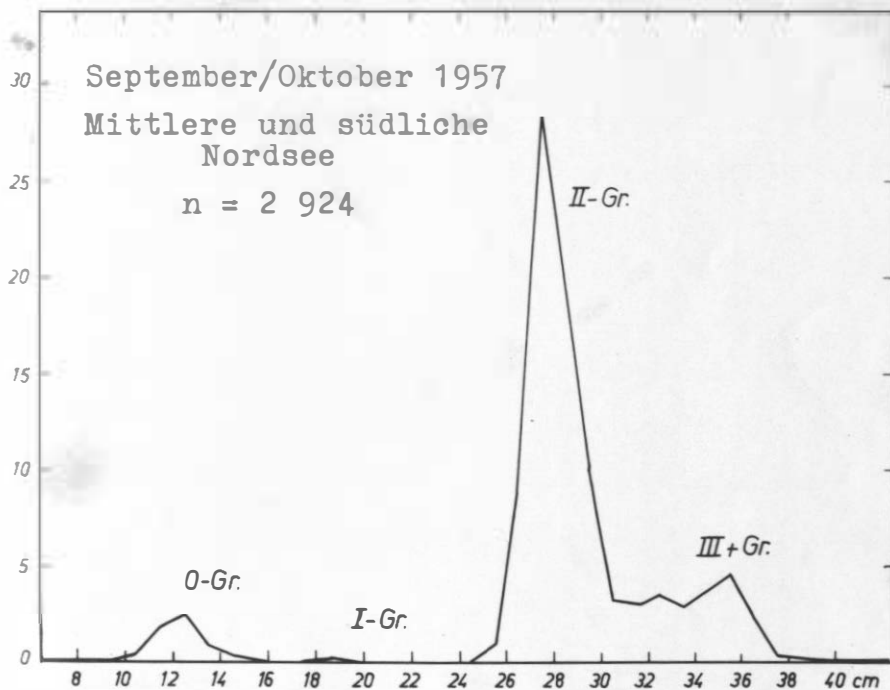


Abb. 4 - Längenverteilung bei Nordseemakrelen
(September/Oktober 1957)

Tab. 7 - Ergebnisse der Wachstumsuntersuchungen nach verschiedenen Autoren (mittlere Längen in cm)

Autor	Ehren- baum 1912	Nils- son 1914	le Gall 1939	Steven u. Corbin 1939	Känd- ler 1954	Aker 1956	Liss- ner 1937	Liss- ner 1939	Nümann 1955
Fang- platz	Nord- see	Nord- see	S. Bre- tagne	Kanal	W. Ost- see (Som- mer)	Nord- see (Früh- sommer)	Bos- porus	Adria	Schwarz- meer, Bos- porus, Marmara
Alters- gruppe									
0	4,6	-	-	-	-	12,4 ⁺	-	-	-
I	16,7	16,0	8-11	-	-	20,1	-	17,3	13,5-16,2
II	26,0	25,5	18-21	27,0	23,0	26,3	-	20,8	17,8-21,0
III	32,0	29,5	26-28	31,5	33,2	30,6	21,2	22,0	23,1
IV	33,5	32,5	30-32	33,5	36,2	33,8	21,6	24,0	24,8
V	35,4	33,5	35,0	35,0	37,5	35,0	21,8	-	26,4
VI	37,0	36,0	-	35,5	37,9	35,7	23,0	-	-
VII	38,0	38,0	-	36,0	39,8	36,2	24,5	-	-
VIII	39,5	-	-	-	40,1	38,2	-	-	-
IX	41,5	-	-	-	40,4	-	-	-	-
X	-	-	-	-	40,5	-	-	-	-
XI-XV	-	-	-	-	40,3	-	-	-	-

⁺September.

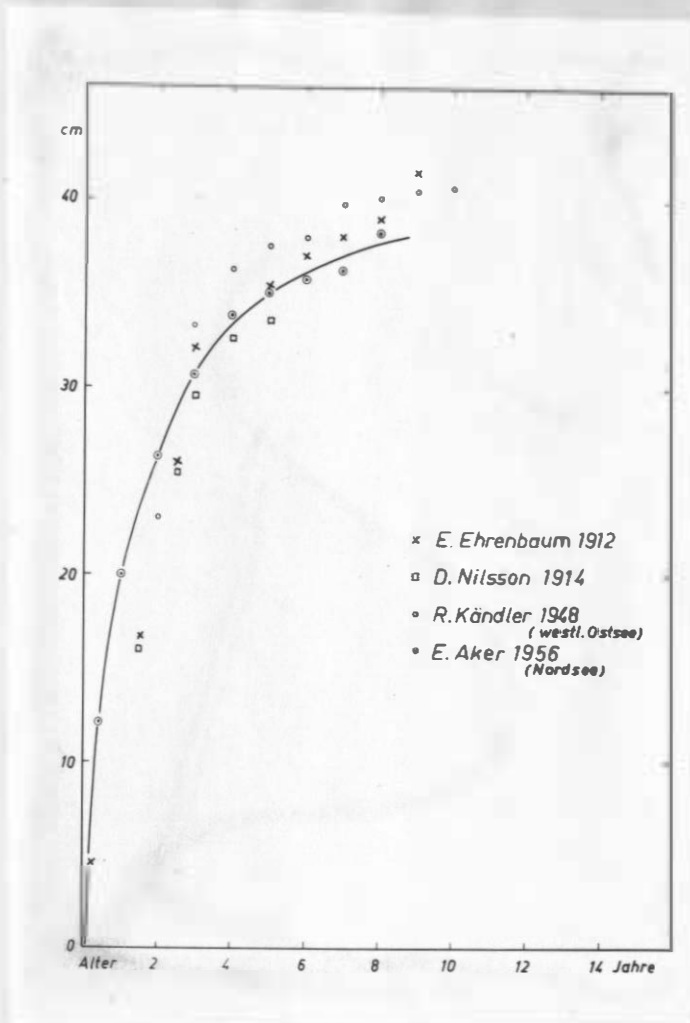


Abb. 5 - Wachstumskurve der Nordseemakrele (nach eigenen Untersuchungen) und mittlere Längen der Altersgruppen nach verschiedenen Autoren

Tab. 8 - Wachstumsleistungen der Nordseemakrelen, Februar/März 1956
(getrennt nach Männchen und Weibchen)

Alters- gruppe	0		I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		IX+	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
11 cm	1																			
12	-																			
13	-																			
14	-	1																		
15	2	4																		
16	10	3																		
17	6	2																		
18	2	4																		
19	2	2																		
20	-	1																		
21	1	1																		
22																				
23																				
24				1																
25			1																	
26																				
27					2															
28					6	7														
29					19	28														
30					27	16														
31					13	12	2													
32					3	2	6	3												
33					1		8	6			1									
34							6	4	5	5	-	1	1							
35							2	1	6	3	4	7	-							
36							1		1	3	6	2	2	1	1					
37											3	3	1	2	1					
38														1	3					
39														2	2					
40																1	1			
41																				
42																				
43																				
44																				
45																			1	
46																				
Anzahl	24	18	1	1	71	65	25	16	12	11	14	13	5	4	6	5	1	1	1	-
Mittl. Länge cm	16,7	17,6	25,5	24,5	30,3	30,1	33,6	34,0	35,2	35,3	36,2	36,0	36,7	37,5	38,6	38,9	40,5	40,5	46,5	-

Tab. 9 - Wachstumsleistungen der Nordseemakrelen, August/September 1956 (getrennt nach Männchen und Weibchen)

Alters- gruppe	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		IX+	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
16 cm	5	1																
17	7	3																
18	11	4																
19	9	8																
20	13	18																
21	37	36																
22	95	56																
23	64	33																
24	42	35																
25	28	13	2	2														
26	8	4	4	5														
27			4	4														
28			4	5														
29			3	3	10	8												
30					40	48	1											
31					37	46	8	4	1									
32					10	16	7	12	2									
33						1	13	15	1		1	3		1				
34							18	15	11	5	2	8		2				
35							3	3	10	8	3	15		2				
36								1	3	1	9	7		2				
37												3		1				
38														1				
39														1				
40														1		1		
41																		1
42																		-
43																		1
Anzahl	319	211	17	19	97	119	50	50	28	14	15	36	9	12	1	1	-	2
Mittl. Länge cm	22,7	22,6	27,6	27,6	31,0	31,1	33,5	33,6	34,8	35,2	35,8	35,5	36,5	36,1	37,5	39,5	-	42,5

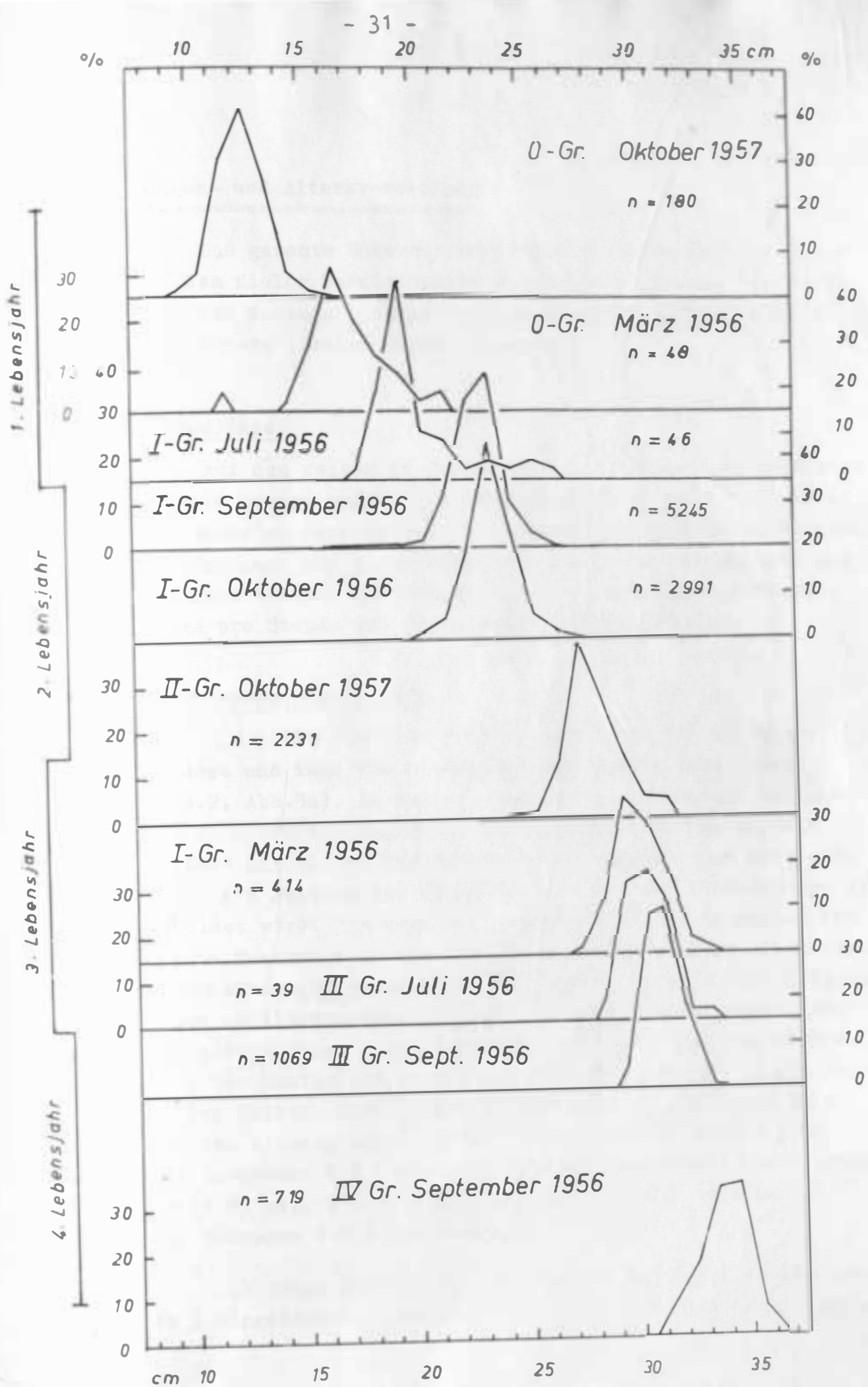


Abb. 6 - Längenverteilung im Verlauf des 1.-4. Lebensjahres

II. Längen- und Altersverteilung

Das gesamte Untersuchungsmaterial wurde auf See sowie auf dem Kieler Seefischmarkt aus Anlandungen aus der Nordsee, dem Kattegat (dänische Einsendungen) und der westlichen Ostsee (Kieler Bucht) gesammelt.

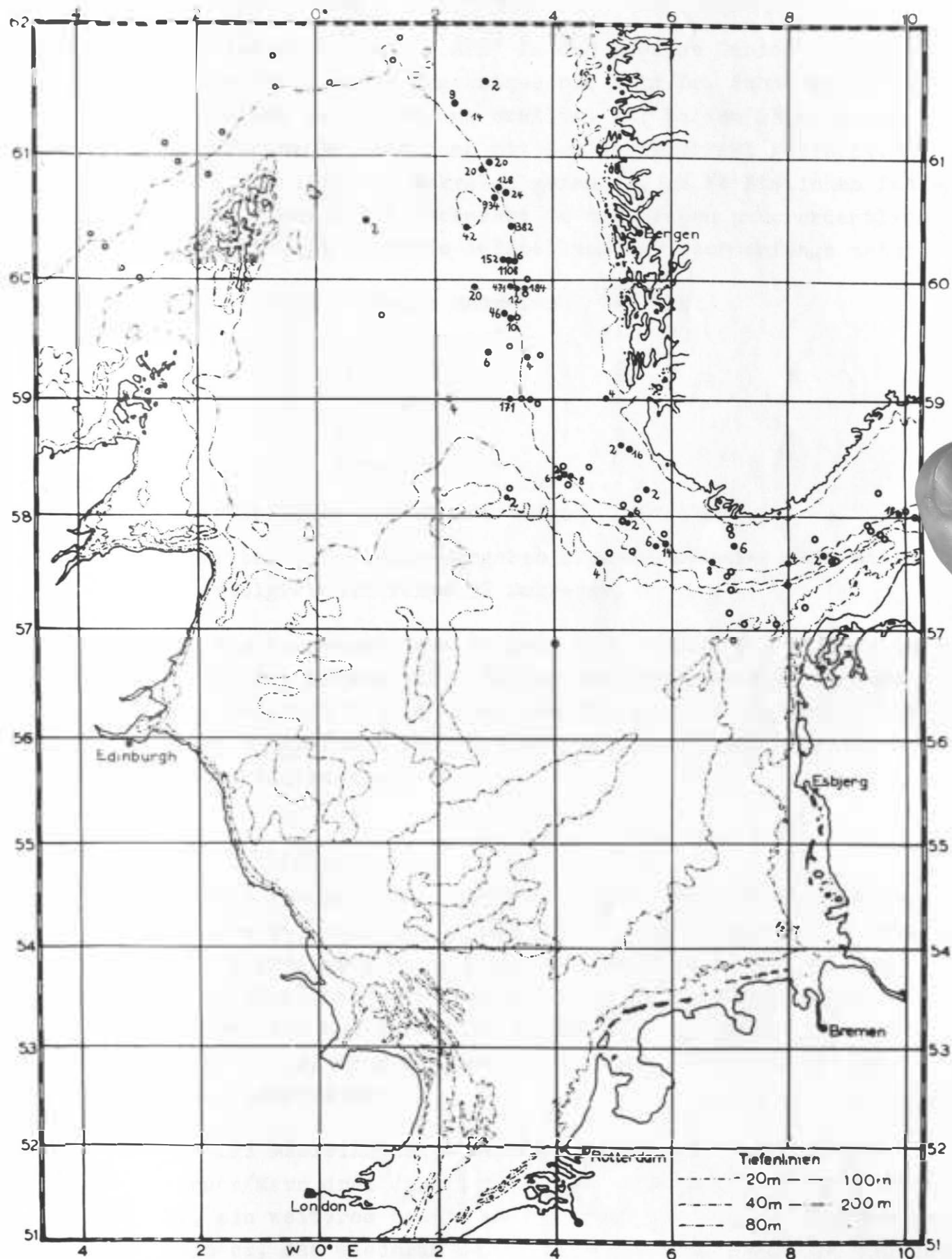
1. Seefänge

Auf den Reisen in die südliche, mittlere und nördliche Nordsee wurden Länge, Gewicht, Geschlecht, Reife und Alter der Makrelen festgestellt. Die Untersuchungsfahrten dienten der Sammlung von Beobachtungsmaterial, das die Längen- und Altersverteilung der Makrelen in den jeweiligen Gebieten, Fänge pro Stunde und deren beste Gebiete betrifft.

a) Februar/März 1956

Die erste der vier Fahrten führte in die nördliche Nordsee und fand vom 10. Februar bis 6. März 1956 statt (Tab. 2, Abb. 3a). Es wurden insgesamt 898 Makrelen gefangen. Die Längenverteilung zeigt drei ausgeprägte Maxima, ein kleines bei 16 cm, das der Gruppe 0 zukommt, und weit entfernt ein Maximum bei 29-30 cm, das von der Altersgruppe II gebildet wird. Ein deutliches Minimum bei 32 cm trennt das dritte Maximum bei 34-35 cm ab. Dieses ist nicht einer einzigen Altersgruppe zuzuordnen, sondern enthält alle älteren Tiere ab Altersgruppe III. Wie bereits erwähnt wurde, ist die Altersgruppe I nur durch ganz wenige Exemplare vertreten. Der Häufigkeit nach liegt die Altersgruppe II mit 46 % an der Spitze, gefolgt von der Altersgruppe III mit 20 % und den Altersgruppen IV und V mit je 11 %, ältere sind mit insgesamt 6 % vertreten. Der geringe Anteil der 0-Gruppe (5 %) zeigt, daß deren Fang nur zufällig erfolgt ist; die I-Gruppe fehlt praktisch.

Die Fänge der Februar-März-Reise 1956 sind in die Karte I eingetragen, zusammen mit weiteren Fängen einer späte-



Karte I - Makrelenfänge von "Anton Dohrn" mit Heringstrawl, Februar/
März 1956, Januar/Februar 1957 (Anzahl pro Stunde)

ren Reise mit "Anton Dohrn" in das gleiche Gebiet im Januar/Februar 1957, deren Ergebnisse mir Herr Dr. Schubert freundlicherweise zur Verfügung stellte. Auf beiden Fahrten wurde an insgesamt 96 Stationen mit dem Heringstrawl gefischt. An 42 Stationen wurden Makrelen gefangen, an 54 Stationen fehlten sie. Ihre Anzahl schwankt in den Fängen außerordentlich stark, wie die folgende Aufstellung der Stundenfänge zeigt:

		keine Makrelen:	54 Fänge	
1-	20	"	:	31 "
40-	50	"	:	2 "
100-	200	"	:	4 "
300-	500	"	:	2 "
900-	1200	"	:	2 "

Der größte Fang pro Stunde betrug 1 108 Stück.

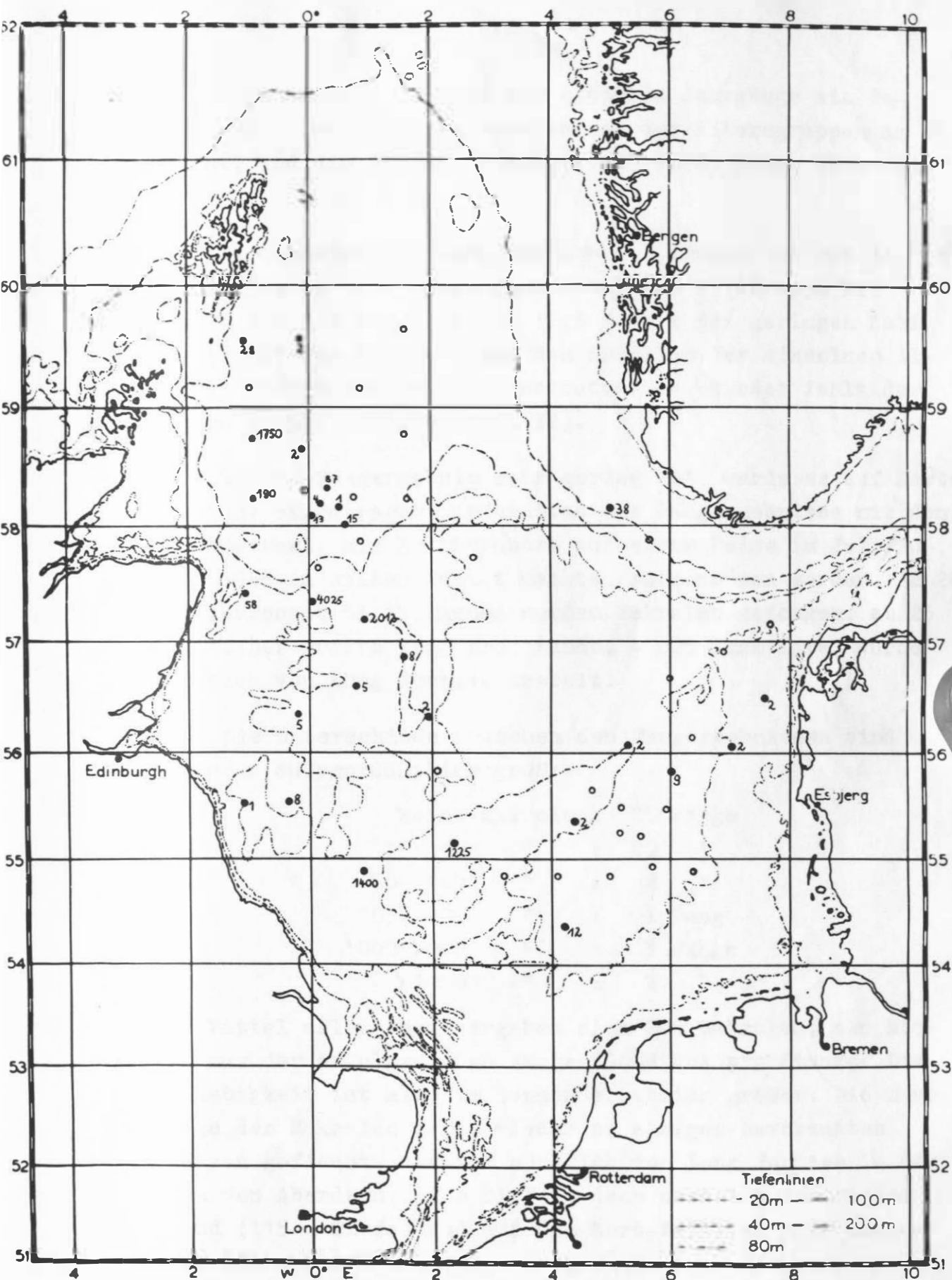
Als Mittel aller Fänge ergeben sich 40 Makrelen, als Mittel der erfolgreichen Fänge 92 Makrelen.

Die Fangergebnisse zeigen, daß Ausgang des Winters im Bereich der Norwegischen Rinne, vornehmlich an deren Westkante zwischen Udsire-Grund und Wiking-Bank (um 200 m), Makrelen in größeren Mengen vorkommen, sonst aber nur spärlich vertreten sind.

b) Juni/Juli 1956

Die zweite Fahrt in die mittlere und südliche Nordsee fand vom 26. Juni bis 8. Juli 1956 statt. Insgesamt wurden 143 Makrelen gefischt und untersucht (Tab.3, Abb.3b). Das Fangergebnis ist sehr gering, was sich zweifellos dadurch erklärt, daß bei dieser Reise nur mit dem Kuttertrawl gefischt wurde, während auf allen anderen Fahrten Herings-trawls benutzt wurden.

Die Meßreihe zeigt wieder ähnlich den Verhältnissen im Februar/März drei deutliche Maxima: eines bei 19 cm (I-Gruppe), ein weiteres bei 30 cm (III-Gruppe) und ein drittes bei 34-35 cm, das wiederum den höheren Altersgruppen (ab IV) zu-



Karte II - Makrelenfänge von "Anton Dohrn" mit Heringstrawl, Juli/
August 1955 (Anzahl pro Stunde)

kommt. Es handelt sich um die gleichen Jahrgänge wie Februar/März, nur ist die Bezeichnung der Altersgruppen um 1 erhöht, und die Benennung entspricht jetzt genau ihrem Alter.

Die inzwischen herangewachsene I-Gruppe ist mit 31,5 % am häufigsten vertreten, dann folgt die III-Gruppe mit 26,5 % und die V-Gruppe mit 17,5 %. Bei der geringen Zahl der erbeuteten Fische kommt den Anteilen der einzelnen Altersgruppen keine zu große Bedeutung zu. Wieder fehlt der Jahrgang 1954 (Altersgruppe II).

Da das Fangergebnis sehr gering ist, wurde es auf Karte II nicht eingetragen, dafür sind die Fangergebnisse mit dem Heringstrawl, die Dr. Schubert auf einer Reise im Juli/August 1955 im selben Gebiet machte, aufgenommen worden. An 28 von insgesamt 53 Stationen wurden Makrelen gefangen, an 25 nicht. Der größte Fang pro Stunde, 4 025 Exemplare, wurde nördlich von Long Forties erzielt.

Die Unterschiede zwischen den Fangergebnissen sind wiederum außerordentlich groß:

keine Makrelen:		25 Fänge
1- 40	"	20 "
50- 100	"	2 "
100- 200	"	1 Fang
1000-2000	"	3 Fänge
> 2000	"	2 "

Als Mittel aller Fänge ergeben sich 206 Makrelen, als Mittel nur der erfolgreichen Fänge 390 Stück pro Stunde. Die Ergiebigkeit ist also im Sommer erheblich größer. Die Hauptmenge der Makrelen wurde wieder an einigen bevorzugten Plätzen gefischt, nämlich nördlich von Long Forties in der Höhe von Aberdeen (80 m Tiefe), dann nördlich vom Fladengrund (115 m Tiefe) und auf dem Nord-West-Teil der Doggerbank (35 m Tiefe).

c) August/September 1956

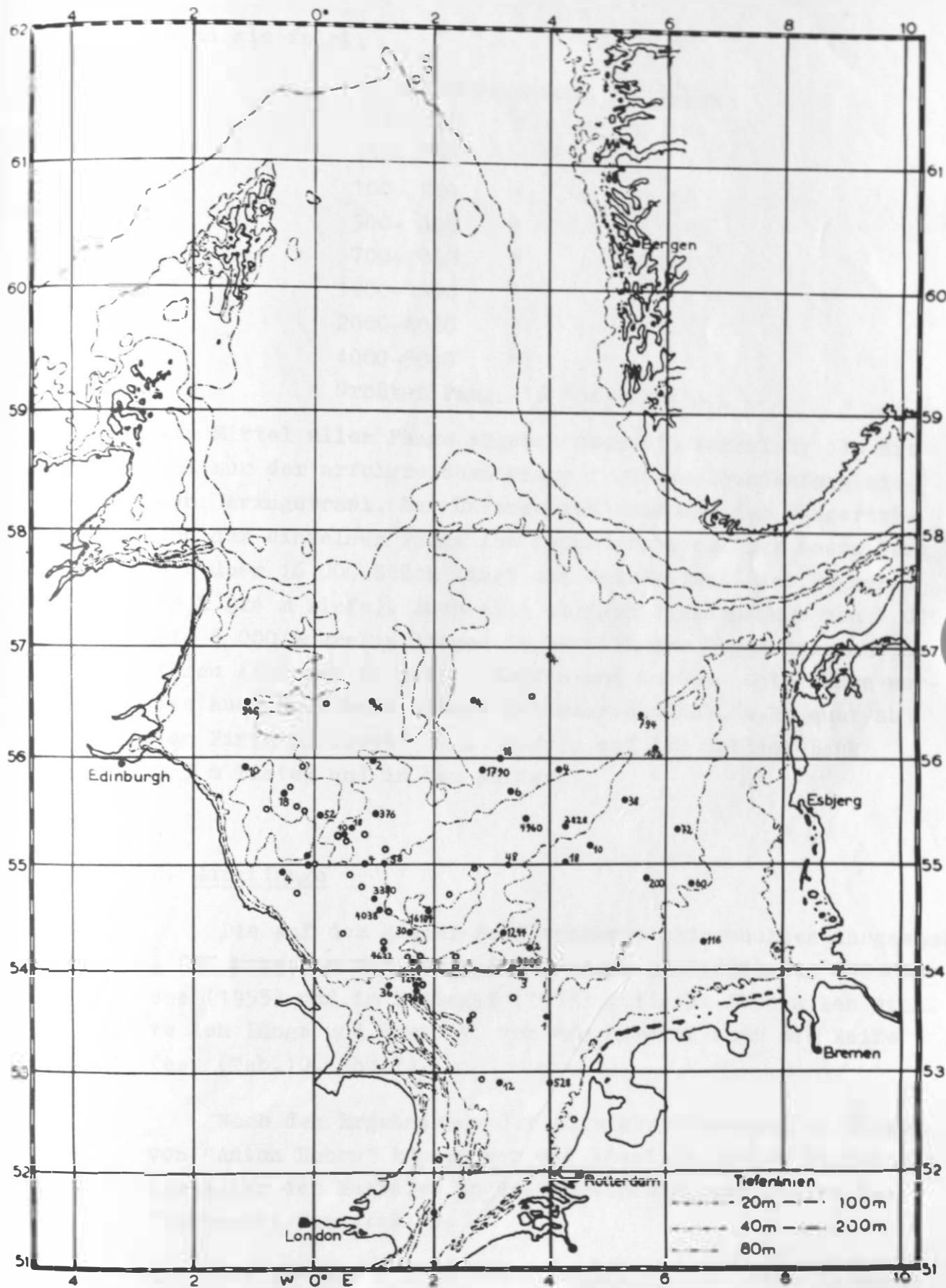
Die dritte Fahrt führte in die mittlere und südliche Nordsee bis zum Kanal. Sie fand vom 28. August bis 14. September 1956 statt. Es wurden insgesamt 7 967 Makrelen untersucht (Tab.4, Abb.3c). Wieder zeigt die Meßreihe drei Maxima. Am stärksten hervortretend ist das Maximum bei 22-23 cm, zu welcher Größe die I-Gruppe inzwischen herangewachsen ist. Hiervon durch eine weite Lücke getrennt, bemerkt man zwei kleinere Maxima, eines bei 30-31 cm (Altersgruppe III) und, nur durch eine flache Einsenkung geschieden, das andere bei 34-35 cm, das durch die höheren Altersgruppen (ab IV) gebildet wird. Die Altersgruppe I ist mit 65 % am stärksten am Gesamtfang beteiligt, dann folgen die Altersgruppe III mit 15 % und Altersgruppe IV mit 9 %. Die Altersgruppen V und VI sind mit 4 % bzw. 5 % beteiligt. Ältere Tiere sind nur mit 2 % vertreten. Wieder ist die Altersgruppe II (Jahrgang 1954) relativ spärlich vorhanden.

Die Stundenfänge dieser Fahrt wurden zusammen mit den Ergebnissen der Oktober-Fahrt 1956 in Karte III eingetragen.

d) Oktober 1956

Die vierte Fahrt wurde in die mittlere und nördliche Nordsee gemacht, und zwar im Oktober 1956 (15.10. bis 28.10.1956). 3 010 Makrelen wurden hierbei untersucht, und das Eigenartige ist, daß so gut wie alle diese Makrelen in der Längenordnung von 20-27 cm liegen und bis auf wenige Ausnahmen der Altersgruppe I (Jahrgang 1955) angehören. Nur 19 Fische (= 0,6 %) waren größer als 30 cm und älter als 2 Jahre (Tab.5, Abb.3d).

Auf Karte III sind die Fangergebnisse der dritten und vierten Fahrt von August bis Oktober 1956 eingetragen. Es wurden insgesamt 79 Stationen aufgesucht. Die Ergebnisse



Karte III - Makrelenfänge von "Anton Dohrn" mit Heringstrawl, August/
September, Oktober 1956 (Anzahl pro Stunde)

sind wie folgt:

keine Makrelen:		32 Fänge
1- 40	" :	24 "
50- 80	" :	5 "
100- 200	" :	3 "
300- 500	" :	2 "
700-1000	" :	2 "
1200-1800	" :	4 "
2000-4000	" :	2 "
4000-5000	" :	4 "

Größter Fang: 16 104 Makrelen.

Als Mittel aller Fänge ergeben sich 625 Makrelen; als Mittel nur der erfolgreichen Fänge 1 051 im Stundenfang mit dem Heringstrawl. Der Unterschied zwischen den Fangerträgen der einzelnen Fänge ist besonders groß. Der beste Fang mit über 16 000 Stück liegt auf dem Westteil der Doggerbank (24 m Tiefe). Auch alle übrigen Stundenfänge von 1 000 bis 5 000 Makrelen liegen im Bereich der Doggerbank und an ihren Abhängen im Süden, Westen und Norden. Gute Fänge wurden auch außerhalb dieses Gebietes gemacht, z.B. quer ab des Firth of Forth (66 m Tiefe), auf der Schlick-Bank (53 m Tiefe) und in den Horden.

2. Marktfänge

Die auf dem Kieler Seefischmarkt untersuchten insgesamt 2 087 Makrelen wurden in der Nordsee (1955/56), in der Ostsee (1955) und im Kattegat (1955) gefischt. Von allen stellte ich Länge und Gewicht, von den meisten auch die Reife fest (Tab.10, Abb.7).

Nach den Ergebnissen der Altersbestimmungen an Fängen von "Anton Dohrn" können wir mit ziemlich großer Sicherheit das Alter der Makrelen in den Marktproben vom Kieler Seefischmarkt feststellen.

Die im Januar 1956 aus Nordseeware erhaltene Meßkurve

stimmt genau mit der überein, die einige Wochen später bei der "Anton-Dohrn"-Fahrt im Februar/März 1956 auf dem gleichen Fanggebiet (nahe Udsire-Grund) erhalten wurde. Wir finden zwei Maxima, das erste bei 29-30 cm (Altersgruppe II) und das zweite bei 34-35 cm (vorwiegend Altersgruppe III bis V) (Abb.7d).

Das gleiche Maximum bei 34-35 cm ergeben Marktfänge aus der Nordsee im April/Mai 1956, die somit vorwiegend aus 4jährigen und älteren Tieren bestehen. Die Gruppe der 3jährigen ist durch ein kleines sekundäres Maxima bei 29-30 cm angedeutet (Abb.7e).

Das gleiche Bild zeigen Messungen an Makrelen aus dem Kattegat von Juni 1955 (Abb.7b).

Dieselbe Längenverteilung zeigt sich an Nordseemakrelen von Juni/Juli 1956 (Abb.7f).

Eine Fangprobe von August 1955 aus der Nordsee weist nur ein einziges Maximum bei 34 cm auf, das den 4jährigen und älteren Makrelen zukommt. Jüngere Makrelen fehlen (Abb.7c).

Gewisse Schwierigkeiten bereitet die Altersbestimmung der Jungmakrelen, die fast in jedem Winter in wechselnder Menge in die westliche Ostsee eindringen. Bei den im Dezember 1955 in der Kieler Bucht gefangenen jungen Makrelen von 18-22 cm Länge handelt es sich sehr wahrscheinlich um Fische im zweiten Lebensjahr (I-Gruppe); R. Kändler (1954) hält sie für Angehörige der II-Gruppe (Abb.7a).

Die Längen- und Altersverteilung in den Fängen von 1956 ist gekennzeichnet durch das nahezu völlige Fehlen des Jahrgangs 1954 (Altersgruppe II ab April 1956), das in den Reihen der "Anton-Dohrn"-Fänge eine breite Lücke verursacht und sich natürlich auch in der Zusammensetzung der Marktfänge des Jahres 1956 auswirkt (Kleinste Exemplare 28-29 cm). In dieser Hinsicht ist ein Vergleich der "Anton-Dohrn"-Fänge

Tab. 10 - Messungen an Marktfängen 1955/1956

änge (cm)	W. Ostsee 1955			Kattegat 1955	Nordsee 1956				
	13.Dez.	15.Dez.	20.Dez.	2.Juni	1955 2.-22. Aug.	25.Jan.	16.Apr.	23.Apr. -3.Mai	18.Juni -24.Juli
17	-	-	1	-	-	-	-	-	-
18	7	15	23	-	-	-	-	-	-
19	53	53	105	-	-	-	-	-	-
20	82	85	106	-	-	-	-	-	-
21	70	60	78	-	-	-	-	-	-
22	28	28	36	-	-	-	-	-	-
23	7	6	6	-	-	-	-	-	-
24	4	-	6	-	-	-	-	-	-
25	1	-	-	-	-	-	-	-	-
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	-	-	-	-	-	3	-	-	-
28	-	-	-	-	-	19	4	-	-
29	-	-	-	-	-	72	18	4	2
30	-	-	-	2	-	66	17	6	3
31	-	-	-	4	-	40	9	4	6
32	-	-	-	3	2	16	18	5	5
33	-	-	-	5	20	20	35	11	5
34	-	-	-	15	48	33	96	19	19
35	-	-	-	19	31	38	101	36	25
36	-	-	-	6	11	27	52	29	18
37	-	-	-	4	4	8	23	17	10
38	-	-	-	2	2	8	10	18	7
39	-	-	-	2	3	10	4	13	6
40	-	-	-	-	1	2	-	6	1
41	-	-	-	-	-	3	-	3	-
42	-	-	-	-	-	2	-	3	1
43	-	-	-	-	-	3	-	-	1
44	-	-	-	-	-	1	2	-	-
anzahl	252	247	361	62	122	371	389	174	109

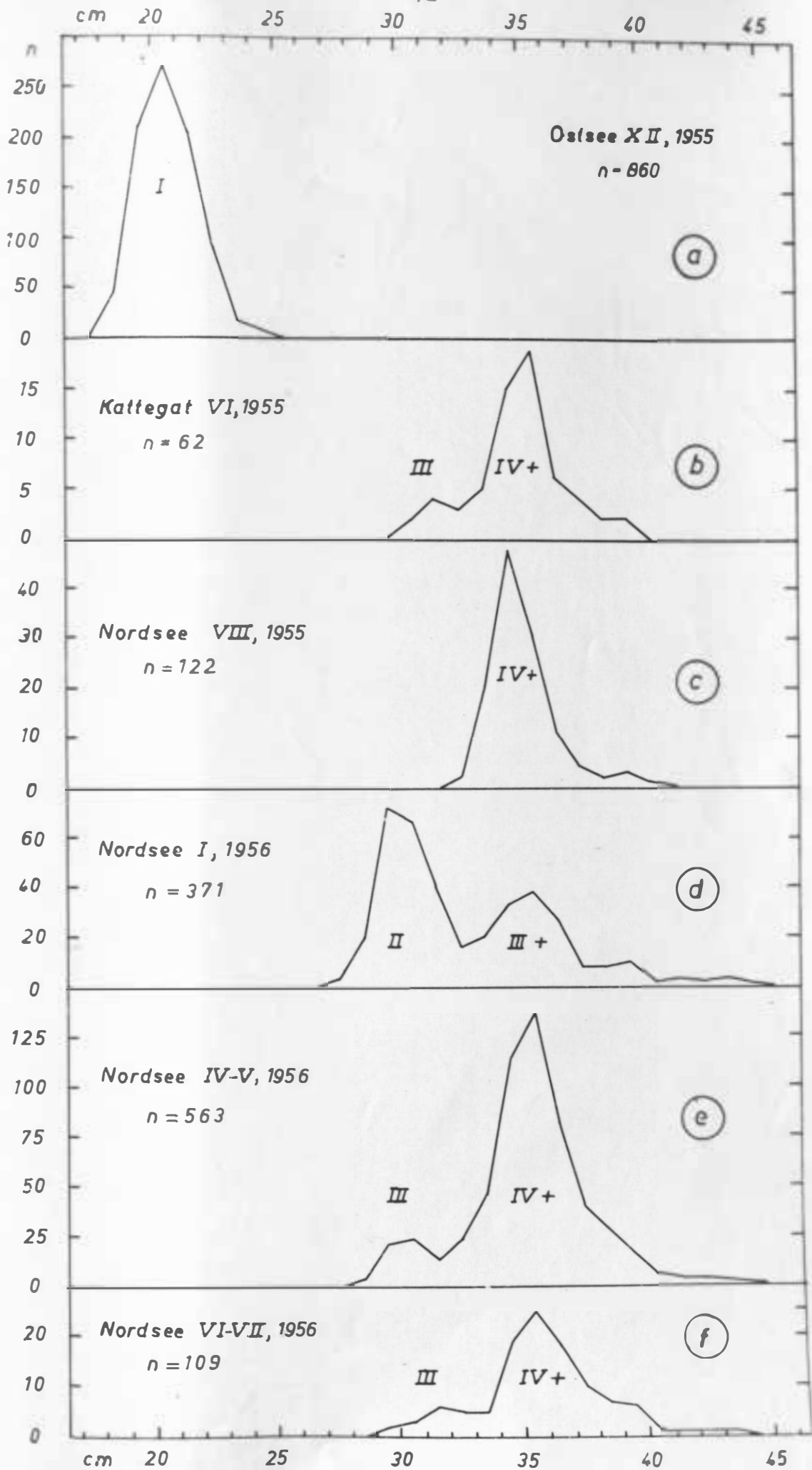


Abb. 7 - Längenverteilung bei Marktfängen

vom Herbst 1956 (Abb.3c,d) und Herbst 1957 (Abb.4) sehr aufschlußreich. In beiden Jahren war der offenbar sehr volkreiche Jahrgang 1955 vorherrschend, 1956 mit einer mittleren Länge von 23-24 cm, 1957 mit einer solchen von 27-28 cm, im letzteren Falle also z.T. bereits marktfähig. Die an den Fängen von 1956 erhaltenen Ergebnisse dürfen also nicht ohne weiteres verallgemeinert werden, sondern betreffen die Längenverteilung in einem Jahr, in dem die Altersgruppe II praktisch fehlt. Andererseits vermittelt die im Herbst 1957 erhaltene Meßkurve eine Vorstellung davon, wie sich die Längen- und Altersverteilung in den Marktfängen in Auswirkung so ausgeprägter Fluktuationen - Vorherrschen eines reichen Jahrganges (1955) bei geringer Repräsentation der beiden benachbarten armen Jahrgänge (1954 und 1956) - beim Marktfähigwerden dieser Jahrgänge verändert. Hierüber sind durch über mehrere Jahre konsequent fortgeführte Untersuchungen wertvolle Aufschlüsse zu erwarten.

III. Der Längengewichtskoeffizient

1. Definition

Unter Voraussetzung der Tatsache, daß das Gewicht in bestimmtem Verhältnis zu der Länge steht und mit der dritten Potenz der letztgenannten Dimension zunimmt, hat T.W. Fulton eine Gleichung aufgestellt, in der der Proportionalitätsfaktor K eine für jede Fischart spezifische Konstante ist:

$$G = K \cdot L^3$$

Diese Konstante wird als Längengewichtskoeffizient bezeichnet und aus

$$K = \frac{G \cdot 100}{L^3}$$

errechnet (Gewicht G in g, Länge L in cm).

2. Markt- und Seefänge

Nach dieser Gleichung wurde K für Makrelen aus Marktfängen (Kieler Seefischmarkt-Anlandungen der Räume Nordsee [1955, 1956], Kattegat [1955] und Ostsee [1955]) sowie aus frischen Fängen auf See (Fahrten mit "Anton Dohrn" 1956) ermittelt (Tab. 11-14).

Aus den Tabellen geht hervor, daß im allgemeinen mit zunehmender Größe der Fische, d.h. mit fortschreitendem Alter, der L-G-Koeffizient zunimmt, von Ausnahmen bei den größten Längen abgesehen.

Für den Längengewichtskoeffizienten K wurden, wie aus den Tabellen für die genannten Räume ersichtlich, unterschiedliche Werte ermittelt. Die Probenmittel schwanken zwischen 0,70 und 0,95, die Einzelwerte der cm-Gruppe variieren noch stärker zwischen 0,58 und 1,11, d.h. im Verhältnis von nahezu 1:2. Die Jahreszeit, der Ernährungszustand sowie der Erhaltungszustand sind von entscheidender Bedeutung für die Größe des Längengewichtskoeffizienten. Die Richtigkeit der allgemeinen Feststellung, daß K mit der Länge bzw. dem Alter zunehme, wird dadurch bestätigt, daß die relativ kleinen Makrelen aus der Ostsee (Kieler Bucht) von 17-31 cm (August, Dezember 1955) nur den Wert von 0,70 haben, während die auf "Anton Dohrn" frisch untersuchten Fische von 14,5 cm bis 46,5 cm Länge im Winter (Februar/März 1956) einen K-Wert von 0,74, nach der Laichzeit den nur wenig höheren Wert von 0,75 aufweisen. Die Ursache des im darauffolgenden August/September festgestellten viel höheren K-Wertes von 0,95 ist wohl mit darin zu suchen, daß diese Makrelen sich im Laufe des Sommers herangemästet hatten und noch z.T. jugendlich waren bzw. stark mit Copepoden gefüllte Mägen hatten. Im Oktober war K (0,83) wieder niedriger.

Tab. 11 - Längengewichtsindex von Nordseerakrelen (Seefänge 1956)
(in Klammern Anzahl)

Länge (cm)	Februar/März	Juni/Juli	August/Sept.	Oktober
14,5	0,66 (1)	-	-	-
15,5	0,77 (6)	-	-	-
16,5	0,66 (13)	-	0,96 (6)	-
17,5	0,64 (8)	0,65 (1)	0,76 (10)	-
18,5	0,72 (6)	0,58 (9)	0,93 (15)	-
19,5	0,78 (4)	0,65 (20)	1,08 (17)	-
20,5	0,81 (1)	0,67 (5)	1,07 (31)	0,80 (15)
21,5	0,73 (2)	0,69 (4)	1,12 (73)	0,85 (40)
22,5	-	0,73 (1)	1,09 (151)	0,88 (84)
23,5	-	0,72 (2)	1,06 (97)	0,85 (85)
24,5	0,75 (1)	0,78 (1)	1,03 (77)	0,83 (83)
25,5	0,57 (1)	0,81 (2)	1,03 (45)	0,86 (48)
26,5	-	0,73 (1)	1,01 (21)	0,87 (25)
27,5	0,65 (2)	-	0,94 (8)	0,82 (13)
28,5	0,85 (14)	0,81 (2)	1,01 (9)	0,82 (1)
29,5	0,79 (49)	0,82 (12)	1,03 (24)	-
30,5	0,80 (46)	0,79 (13)	0,99 (89)	-
31,5	0,77 (28)	0,81 (10)	0,95 (96)	0,85 (5)
32,5	0,84 (14)	0,79 (2)	0,95 (47)	0,73 (2)
33,5	0,80 (16)	0,82 (11)	0,91 (35)	0,74 (1)
34,5	0,80 (22)	0,82 (16)	0,91 (63)	0,84 (2)
35,5	0,76 (26)	0,80 (14)	0,89 (46)	0,94 (4)
36,5	0,78 (17)	0,80 (7)	0,88 (28)	0,82 (1)
37,5	0,75 (11)	0,79 (6)	0,85 (6)	0,95 (1)
38,5	0,74 (5)	0,75 (2)	0,86 (1)	-
39,5	0,68 (3)	0,82 (2)	0,80 (3)	0,86 (1)
40,5	0,75 (4)	-	-	0,74 (1)
41,5	-	-	0,90 (1)	-
42,5	-	-	-	-
43,5	-	-	0,85 (1)	-
44,5	-	-	-	-
45,5	-	-	-	-
46,5	0,68 (1)	-	-	-
Mittel	0,74	0,76	0,95	0,84

Tab. 12 - Längengewichtsindex (Marktfänge 1955/1956)
(in Klammern Anzahl)

Länge (cm)	N o r d s e e		O s t s e e	K a t t e g a t
	Juli/August 1955	Januar 1956	August, Dezember 1955	Juni 1955
17,5	-	-	0,60 (1)	-
18,5	-	-	0,62 (17)	-
19,5	-	-	0,61 (109)	-
20,5	-	-	0,62 (154)	-
21,5	-	-	0,62 (146)	-
22,5	-	-	0,65 (65)	-
23,5	-	-	0,68 (16)	-
24,5	-	-	0,71 (9)	-
25,5	-	-	0,79 (1)	-
26,5	-	-	0,70 (1)	-
27,5	-	0,63 (1)	0,78 (1)	-
28,5	-	0,64 (9)	0,85 (2)	-
29,5	-	0,63 (24)	0,82 (11)	-
30,5	-	0,63 (24)	0,77 (16)	0,74 (2)
31,5	-	0,68 (19)	0,76 (6)	0,89 (4)
32,5	0,88 (2)	0,69 (17)	-	0,89 (4)
33,5	0,84 (20)	0,72 (26)	-	0,82 (4)
34,5	0,80 (47)	0,70 (50)	-	0,83 (17)
35,5	0,80 (32)	0,69 (75)	-	0,86 (17)
36,5	0,78 (11)	0,67 (58)	-	0,86 (6)
37,5	0,74 (4)	0,71 (30)	-	0,89 (4)
38,5	0,79 (2)	0,70 (29)	-	-
39,5	0,72 (3)	0,71 (24)	-	0,95 (2)
40,5	0,79 (1)	0,77 (7)	-	-
41,5	-	0,80 (6)	-	-
42,5	-	0,84 (6)	-	-
43,5	-	0,82 (3)	-	-
44,5	-	-	-	-
45,5	-	-	-	-
46,5	-	0,89 (1)	-	-
Mittel	0,79	0,72	0,70	0,86

Tab. 13 - Längengewichtsindex von Nordseemakrelen, in Gruppen
zusammengefaßt (Seefänge 1956)
(in Klammern Anzahl)

Länge (cm)	Februar/März	Juni/Juli	August/Sept.	Oktober
14,5-19,5	0,70 (38)	0,63 (30)	0,93 (48)	-
20,5-24,5	0,76 (4)	0,72 (13)	1,07 (429)	0,84 (307)
25,5-29,5	0,72 (66)	0,79 (17)	1,00 (107)	0,84 (87)
30,5-34,5	0,80 (126)	0,81 (52)	0,94 (330)	0,79 (10)
35,5-39,5	0,74 (62)	0,79 (31)	0,85 (84)	0,86 (8)
40,5-46,5	0,71 (5)	-	0,87 (2)	-

Tab. 14 - Längengewichtsindex, in Gruppen zusammengefaßt
(Marktfänge 1955/1956)
(in Klammern Anzahl)

Länge (cm)	N o r d s e e		O s t s e e	Kattegat
	Juli/August 1955	Januar 1956	August, Dezember 1955	Juni 1955
17,5-19,5	-	-	0,61 (127)	-
20,5-24,5	-	-	0,65 (390)	-
25,5-29,5	-	0,63 (34)	0,79 (16)	-
30,5-34,5	0,84 (69)	0,69 (136)	0,77 (22)	0,83 (31)
35,5-39,5	0,77 (52)	0,70 (216)	-	0,89 (29)
40,5-46,5	0,79 (1)	0,82 (23)	-	-

Im Gegensatz hierzu wurden an Makrelen, die am Kieler Seefischmarkt aus der Nordsee angelandet wurden, folgende K-Werte festgestellt: im Juli/August 1955 = 0,79, im Januar 1956 = 0,71; aus der Ostsee: im Dezember 1955 = 0,70; aus dem Kattegat: im Juni 1955 = 0,85.

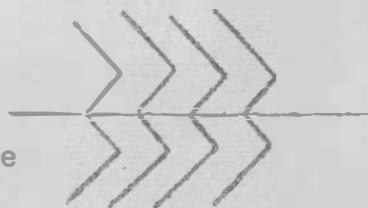
Da der K-Wert für Nordsee-Anlandungen 1955 höher ist als 1956, kann vermutet werden, daß der Ernährungszustand der Makrelen im Jahre 1955 besser als 1956 war; dabei muß noch berücksichtigt werden, daß die Dampfermakrelen bereits längere Zeit, und zwar etwa 10 Tage, auf Eis und Salz lagen und infolgedessen einen Gewichtsverlust durch Wasserabgabe erlitten hatten.

IV. Variabilität des Streifenmusters der Makrele

=====

Um die Variabilität des Streifenmusters zu untersuchen, wurden 166 frisch gefangene Makrelen an Bord fotografiert, wozu die Makrelen längs der Bauchkante bis zur Mundöffnung aufgeschnitten, ausgenommen und die beiden Filets so weit von der Mittelgräte gelöst wurden, daß sie nebeneinander aufgeklappt lagen. Diese wurden dann in der Weise auf einer Unterlage mit Heftzwecken befestigt, daß das Zeichenmuster der Haut möglichst in einer Ebene lag, wobei sich das Muster beiderseits einer von der Rückenlinie und den beiden Dorsalflossen gebildeten Längslinie erstreckt.

Die Durchmusterung der so erhaltenen Fotografien ergab als vorläufiges Ergebnis folgendes: Im einfachsten Falle besteht das Muster aus parallelen Streifen, die sich in Gestalt eines langgestreckten, auf der Kante stehenden M, wie die schematische Skizze nebenan zeigt, von einer Seite über



den Rücken zur anderen Seite erstrecken, wobei die beiden Spitzen des M nach dem Schwanzende zu weisen. Die Zahl dieser Streifen beträgt ca. 30, und es ist wohl kein Zweifel, daß sie mit den Muskelsegmenten und den segmental angeordneten koloratorischen Nerven korrespondieren (Abb.8a).

Dieses Streifenmuster ist jedoch nur bei wenigen Exemplaren in so klarer Form vorhanden. Bei den meisten Fischen ist es mehr oder weniger gestört, und zwar dadurch, daß sich einmal Querverbindungen zwischen benachbarten Streifen bilden und andererseits Teilstücke eines Streifens ausfallen. So entstehen Verästelungen, Krümmungen, isolierte Teilstücke und Lücken in verschiedenster Ausprägung. Bei weniger starker Störung (Abb.8b) ist das zugrunde liegende Streifenmuster noch deutlich zu erkennen; bei sehr starker Störung und Auflösung der Streifen entstehen bizarre Muster gewundener, sich miteinander X-förmig verbindender Linien mit zwischengeschalteten Teilstücken ohne Zusammenhang (Abb.8c). Dabei herrscht keineswegs Symmetrie zwischen den beiden Körperhälften, die Bänder laufen vielmehr in der verwirrendsten Weise von einer Seite zur anderen, sich dabei aufspaltend, wieder verbindend oder an benachbarte Streifen sich anschließend, wohl auch nach kurzer Strecke aufhörend oder in spitzem Winkel wieder zurücklaufend. In extremen Fällen ist es kaum noch möglich, das zugrunde liegende parallele Streifenmuster herauszufinden.

Als ein merkwürdiges Spiel des Zufalls trägt das in Abb.8c wiedergegebene Exemplar ein deutliches ♀-Zeichen auf dem Kopf.



Abb. 8a



Abb. 8b

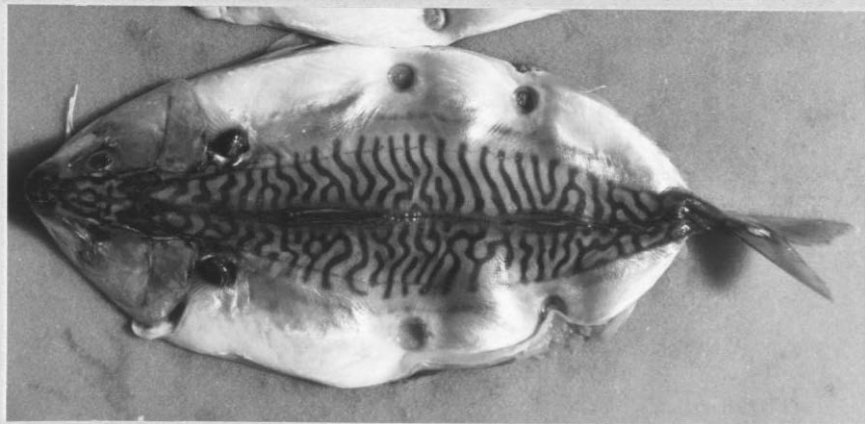


Abb. 8c

V. Geschlechtsverhältnis und Reife

1. Das Geschlechtsverhältnis

Der näheren Untersuchung des Geschlechtsverhältnisses und der Reife dienten die 1 849 mit "Anton Dohrn" gefangenen sowie 334 am Seefischmarkt angelandete Makrelen, von denen 53 Exemplare vom 2. Juni bis 15. Juli 1955 im Kattegat und 281 Exemplare vom 23. April bis 24. Juli 1956 in der Nordsee gefischt wurden.

Bevor näher auf das Geschlechtsverhältnis eingegangen wird, sei hier ein kurzer Hinweis auf die unterschiedliche Form der männlichen und weiblichen Gonaden bei der Makrele gemacht. Ähnlich wie beim Hering ist die männliche Gonade im Querschnitt messerförmig, d.h. an der einen Seite breit und an der anderen flach auslaufend, die weibliche Gonade ist "torpedoförmig" und hat einen ziemlich runden Querschnitt. Die Geschlechtsbestimmung ist mit bloßem Auge ab 23-24 cm Länge möglich, bei kleineren Makrelen mit Hilfe einer Lupe.

Von den 1 849 mit "Anton Dohrn" gefischten Makrelen waren 1 013 = 54,7 % Männchen und 836 = 45,3 % Weibchen; die 334 Seefischmarkt-Makrelen wurden gebildet von 173 = 51,8 % Männchen und 161 = 48,2 % Weibchen. Faßt man das obengenannte Fangmaterial zusammen, so ergibt sich bei 2 183 Makrelen ein Geschlechtsverhältnis von 54,3 % Männchen zu 45,7 % Weibchen. Das männliche Geschlecht ist also etwas in der Überzahl.

Verfolgt man das mit "Anton Dohrn" gefangene Material seiner Größe nach, so ist ein Überwiegen der Männchen bis zu einer Länge von 30 cm und der Weibchen von 31 cm ab festzustellen. Die für jeden Zentimeter errechneten Prozentzahlen ergeben bei einer Zusammenfassung zu 5-cm-Gruppen hierfür die folgenden Prozentzahlen für den Anteil der Weibchen: 50,0 % (10-14 cm), 39,1 % (15-19 cm), 40,5 % (20-24 cm),

43,6 % (25-29 cm), 51,2 % (30-34 cm), 53,0 % (35-39 cm) und 75,0 % (40-46 cm). Die größten Tiere sind Männchen (46 cm), Weibchen sind nur bis 43 cm vorhanden (Tab.15).

Bei den Marktfängen zeigte sich bei Längen von 29-34 cm ein Überwiegen der Männchen mit 58,6 %, bei Längen von 35-40 cm ein Überwiegen der Weibchen mit 50,2 % und bei 41-43 cm mit 73,3 % (Tab.16).

Die auf See gefangenen Makrelen zeigen mit Ausnahme der im Juni/Juli zur Laichzeit in der mittleren und südlichen Nordsee gefischten Tiere ein Überwiegen der Männchen; bei den Marktfängen ist solch ein jahreszeitlicher Wechsel nicht zu beobachten, es überwiegen durchgehend die Männchen.

Hinsichtlich der Wassertiefe ist festzustellen, daß im großen und ganzen die Anteile der Männchen auf tiefer gelegenen Fangplätzen etwas größer sind als in flacherem Wasser.

2. Reifestadien und Eintritt der Geschlechtsreife

Während an 2 183 Makrelen - wie bereits gesagt - Reifebestimmungen gemacht wurden, sind an 1 889 Exemplaren zur genaueren Feststellung des Entwicklungsstadiums der Gonaden exakte Wägungen vorgenommen worden. Die Berechnung des Anteils des Gonadengewichts am Gesamtgewicht wurde nur bei den im Juni/Juli 1956 auf See gefangenen und den vom 23. April bis 24. Juli 1956 am Seefischmarkt angelandeten Makrelen durchgeführt, da diese Fänge vor und während der Laichzeit ausgeführt wurden. Von Februar/März liegen keine Wägungen vor, und im August bis Oktober befinden sich die Gonaden im Ruhezustand. Danach beträgt der Anteil des Gonadengewichts bei den Makrelen im April/Juli für juvenile, in Ruhe stehende und abgelaichte Makrelen unter 2 %, für reifende und laichende 2-20 %. Aus Tab. 17-19 sind die Anteile des Gonadengewichts am Gesamtgewicht des Fisches zu ersehen, wobei sich bei den Reifestadien IV-VI eine sehr breite Streuung zeigt. Das prozentuale Gewicht der Gonade kann als ein bes-

serer, weil objektiver Maßstab des Zustandes der Reifung angesehen werden als die Einordnung in die Stadien III-V nach dem Augenschein. Unter den als VI (fließend) bezeichneten Exemplaren finden sich auch solche mit niedrigem Gonadengewicht, die offensichtlich bereits z.T. abgelaicht waren. Als höchster Prozentsatz für den Gonadenanteil wurde 20 % festgestellt.

Bei den Proben von am Seefischmarkt vom 23. April bis 18. Juni 1956 angelandeten Makrelen sind die Reifestadien III-V mit 76 % am häufigsten; es folgen die Stadien I-II mit 14 % und Stadium VII mit 7 %, den geringsten Anteil bildet das Stadium VI (4 %). Das Laichgeschäft hatte in der ersten Junihälfte offensichtlich erst begonnen.

Bei den Fängen von "Anton Dohrn" im Juni/Juli 1956 (26.6.-8.7.) ist das Reifestadium VI mit 31 % am häufigsten vertreten, gefolgt von den Reifestadien IV und V mit fast gleichen Teilen (25 %, 26 %); das Stadium VII hat mit 2 % den geringsten Anteil. Diese Fahrt liegt also mitten in der Laichzeit.

In der zweiten Juli-Hälfte gefangene Makrelen (aus Anlandungen am Seefischmarkt vom 23.-24.7.1956) zeigen ein ganz anderes Bild. Die abgelaichten Makrelen (Reifestadium VII) sind mit 77 % am häufigsten, dann folgen die Stadien IV-V mit 16 % und Stadium VI mit 7 %. Zu dieser Zeit war das Ablichten der Makrelen bereits weit fortgeschritten, und es erscheint nachträglich zweifelhaft, ob die mit Reife IV-V bezeichneten Fische mit einem Gonadengewicht unter 6 % wirklich sämtlich ^{noch}reifend oder bereits nahezu abgelaicht waren. Dies nach mehrtägiger Lagerung an Bord zu unterscheiden, ist besonders schwierig.

Tab. 17 - Anteile des Gonadengewichts am Gesamtgewicht (26.6.-8.7.56)
(28-39 cm)

Fänge mit "Anton Dohrn"

Gonadenge- wicht in % des Fisch- gewichts	Anzahl	R e i f e s t a d i e n					
		II	III	IV	V	VI	VII
< 2 %	8	6	-	-	-	-	2
2- 4 %	11		8	1	-	2	-
4- 6 %	7			2	2	3	-
6- 8 %	11			3	3	5	-
8-10 %	9			3	1	5	-
10-12 %	24			11	6	7	-
12-14 %	5			-	4	1	-
14-16 %	10			2	5	3	-
16-18 %	5			1	3	1	-
18-20 %	1			-	-	1	-
Insgesamt	91	6	8	23	24	28	2
%	100	6,6	8,8	25,3	26,4	30,7	2,2

Tab. 18 - Anteile des Gonadengewichts am Gesamtgewicht (23.4.-18.6.56)
(29-43 cm)
 Marktproben

Gonadenge- wicht in % des Fisch- gewichts	Anzahl	Reifestadien			
		I-II	III-V	VI	VII
< 2 %	32	27	-	-	5
2- 4 %	70		62	-	8
4- 6 %	42		40	2	-
6- 8 %	22		21	1	-
8-10 %	13		11	2	-
10-12 %	10		10	-	-
12-14 %	2		1	1	-
14-16 %	3		2	1	-
16-18 %	-		-	-	-
18-20 %	1		1	-	-
Insgesamt	195	27	148	7	13
%	100	13,8	75,9	3,6	6,7

Tab. 19 - Anteile des Gonadengewichts am Gesamtgewicht (23.-24.7.56)
(29-39 cm)
 Marktproben

Gonadenge- wicht in % des Fisch- gewichts	Anzahl	Reifestadien		
		IV-V	VI	VII
< 2 %	65	-	-	65
2-4 %	14	7	6	1
4-6 %	6	6	-	-
> 6 %	1	1	-	-
Insgesamt	86	14	6	66
%	100	16,3	7,0	76,7

VI. Die Fruchtbarkeit der Makrele

Mehrere Plattfischarten und der Hering sind auf ihre Fruchtbarkeit kürzlich von R. Kändler und W. Pirwitz (1957) und S. Dutt (1958) untersucht worden. Es erschien wünschenswert, in der gleichen Weise die Fruchtbarkeit der Makrele und die Abhängigkeit ihrer Eizahlen von Länge und Gewicht festzustellen. Im Hinblick auf die Eigentümlichkeit dieses Fisches, den Laich nicht auf einmal, sondern in Schüben abzulegen, war es außerdem notwendig, die Größenverteilung der Eier im Ovar zu bestimmen, um die in der bevorstehenden Laichperiode abzulegenden Eier von den Oocyten zu trennen.

1. Material

In der Zeit vom 1.-5. Juli 1956, während der Laichzeit, wurden von "Anton Dohrn" bei Fängen mit dem Kutter-trawl in der mittleren und südlichen Nordsee 143 Makrelen gefangen. Eine Übersicht über die hierbei auftretenden Reifestadien der Gonaden dieser Fische gibt die Tabelle 20. Von den 143 Exemplaren sind 54 = 37,7 % juvenil mit einer Länge von 17-31 cm; es handelt sich um 46 ein- und 8 dreijährige Makrelen. Von den übrigen 89 geschlechtsreifen Exemplaren (62,3 %) von 28-39 cm Länge (ab Altersgruppe III) entfallen 36 (25,2 %) auf das männliche und 53 (37,1 %) auf das weibliche Geschlecht. In der Altersgruppe I sind sämtliche Tiere noch jugendlich (46 Exemplare, je 23 Männchen und Weibchen, also Geschlechtsverhältnis 1:1). In der Altersgruppe III befinden sich fortpflanzungsfähige Tiere, und zwar unter 21 Männchen sind 17, unter 17 Weibchen 13 Exemplare geschlechtsreif, das sind 81 % der Männchen und 76 % der Weibchen. Die Altersgruppe II fehlt, wie bereits auf Seite 16 ausgeführt wurde.

b. 20 - Beziehung zwischen Länge und Fortpflanzungsfähigkeit bei
verschiedenem Alter

alters- gruppe	I		III				IV-VII+		Insgesamt	
	unreif I-II		unreif I-II		reifend/reif III-VI		geschlechts- reif		unreif	fortpflan- zungsfähig
eschl.	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂ + ♀	♂ + ♀
7 cm	-	1							1	
8	8	1							9	
9	8	12							20	
10	1	4							5	
11	2	2							4	
12	1	-							1	
13	1	1							2	
14	1	-							1	
15	-	2							2	
16	1	-							1	
17									-	
18			1			1			1	1
19			1	3	4	4			4	8
20			1	-	8	4			1	12
21			1	1	3	5			2	8
22					1		1		-	2
23					1		2	8	-	11
24							4	12	-	16
25							5	9	-	14
26							4	3	-	7
27							3	3	-	6
28							-	2	-	2
29								2	-	2
Anzahl	23	23	4	4	17	14	19	39	54	89

Die Bestimmung der höheren Reifestadien machte große Schwierigkeiten. Eine exakte Unterscheidung der Reifestadien V und VI ist dadurch erschwert, daß die endgültige Reifung der Eier durch Wasseraufnahme unter erheblicher Vergrößerung und Glasigwerden in anderer Weise erfolgt als bei den anderen Fischarten. Das hierfür charakteristische Stadium V bezeichnet G.A. Steven (G.A. Steven und P.C. Corbin 1939) bei der Makrele als "Plumpudding-Stadium". Zunächst erscheinen an den Außenseiten der Ovarien reife, glasige Eier, die zerstreut zwischen unreifen Eiern liegen - man vermutet also erste Anzeichen voller Reife. Diese reifen Eier wandern jedoch später in das Lumen der Ovarien und geben diesen rein äußerlich wieder den Anschein des Stadiums V, in Wirklichkeit ist das Stadium VI bereits erreicht und die Möglichkeit des Abblaus gegeben.

Um nicht zu Fehlschlüssen bei der Auswertung zu kommen, mußten die Weibchen, die möglicherweise mit dem Abblaus begonnen hatten, von der Eizählung ausgeschlossen werden. Der prozentuale Anteil der Gonade am Gesamtgewicht des Fisches liegt zwischen 5 und 17 %. Möglicherweise waren die Fische mit den niedrigsten Werten bereits zum Teil abgelaicht; es wurden daher nur die Eier solcher Makrelen gezählt, deren Gonadengewicht mindestens 7 % des Gesamtgewichts ausmachte. Die Reife der auf diese Weise ausgewählten Tiere konnte zuverlässig bestimmt werden. 17 Exemplare gehörten dem Reifestadium IV und 9 dem Stadium V an. Das Alter der Tiere betrug 3-7 Jahre.

2. Zählmethode und Ergebnisse

Zur Konservierung wurde die Gillonsche Lösung benutzt (nach V. Franz 1910), jedoch wurde die Anweisung A.C. Simpsons (1951) befolgt und die Menge des Eisessigs verdoppelt. A.C. Simpson begründet seine Anweisung damit, daß durch diesen stärkeren Eisessigzusatz die Eier besser voneinander, von der Gonadenmembran sowie von dem Keimepithel

getrennt werden. Die Gilsonsche Lösung hat somit folgende Zusammensetzung: 100 ml 60proz. Alkohol, 880 ml Aqua dest., 18 ml Eisessig, 15 ml 80proz. Salpetersäure, 20 g Quecksilberchlorid. Die Gonaden wurden einige Male längs und quer geschnitten, dann jede Gonade gesondert in Konservierungsflaschen gelegt und mit der Konservierungsflüssigkeit übergossen, bis die Gonaden ganz mit der Lösung bedeckt waren.

Die Flaschen, in denen sich die Gonaden in der Gilsonschen Lösung befanden, wurden kräftig geschüttelt, um zu erreichen, daß sich die Eier von der Gonadenmembran und dem Keimepithel ablösten. Danach wurde der Inhalt in eine flache Schale gegossen, und es wurde beobachtet, daß die Eier schnell auf den Boden sanken. Epithelfetzen schwammen an der Oberfläche, die entfernt wurden; aber das Schütteln der Flasche hatte nicht ausgereicht, eine ganz saubere Eimasse zu erhalten: ein vorsichtiges Abstreifen der Eier von der Gonadenmembran und dem Keimepithel mittels eines spitzen Hölzchens, behutsames Reiben mit dem Zeigefinger und mehrmaliges Abgießen der ständig erneuerten Gilsonschen Lösung zum Abschwemmen der Epithelfetzen waren nötig, um eine saubere Eimasse zu bekommen. Es wurde kein Wasser, sondern nur Gilsonsche Lösung verwandt, da Wasser die Eier aufquellen und platzen läßt.

Die gesäuberten Eier wurden in einen Meßzylinder geschüttet und mit etwas frischer Gilsonscher Lösung übergossen. Nach ca. 5 Minuten hatten sich alle Eier, zuerst die großen und zum Schluß die kleinen, abgesetzt. In diesem Meßzylinder wurde dann das Gesamtvolumen der Eier gemessen. Da die Eier von verschiedener Größe waren, wurden sie kräftig geschüttelt, bevor eine Probe mit einem kleinen geeichten Meßbecher (Fassungsvermögen: 0,05 ccm) entnommen wurde. Die Probe wurde auf einer Zählplatte ausgebreitet und unter dem Binokular mit 12,5facher Vergrößerung ausgezählt (R. Kändler und W. Pirwitz 1957).

Von jedem Fisch wurden drei Proben von je 0,05 ccm

Volumen aus der Eimasse entnommen, mithin also von jedem Tier die Eizahl in 0,15 ccm Eimasse bestimmt. Aus der Umrechnung auf das Gesamtvolumen der Eimasse ergibt sich dann die Eizahl des betreffenden Fisches. Die Werte wurden auf volle Tausend abgerundet.

Die Zählung der Eier auf der Zählplatte war äußerst schwierig, da die Eier verschieden groß waren. Die Ursache hierfür ist in der Tatsache begründet, daß die Makrele nicht auf einmal ablaicht, sondern in Etappen. Im reifen Makrelenovar können in der Regel deutlich drei Größen-
gruppen von Eiern unterschieden werden. Die kleinsten Eier (unter 0,2 mm) sind Oocyten, noch ohne Dotter, die erst in der nächsten Fortpflanzungssaison zur Reife gelangen. Diese müssen getrennt werden von den reifenden Eiern, die in der bevorstehenden Laichsaison abgelegt werden, da sie bei der Eizählung nicht mit berücksichtigt werden dürfen. Die reifenden Eier bilden zwei Größengruppen mit Häufigkeitsmaxima bei etwa 0,5 mm und 0,8 mm Durchmesser. Der Gesamtschwankungsbereich der reifen ^{den} Eier aller untersuchten Tiere liegt bei 0,2 bis 1,44 mm. - Zur Demonstration der verschiedenen Größengruppen ist die Häufigkeitsverteilung der Eier eines Weibchens in Abb.9 wiedergegeben. Auf der Ordinate sind die relativen Häufigkeiten, auf der Abszisse die Durchmesser in mm dargestellt. Diese dreigipflige Kurve gibt also die Größenverteilung aller Eier im Ovarium wieder. Von 1 000 gemessenen Eiern (incl. Oocyten) sind 51 % Oocyten, 43 % mittlere und 6 % große Eier. Das Vorhandensein von drei Größengruppen in den Ovarien zeigt, daß Reifung und Ablage der Eier nicht gleichmäßig, sondern etappenweise erfolgt. Der Anteil der unmittelbar vor der Reifung stehenden Eier ist auffallend gering und deutet wohl auf die Möglichkeit hin, daß jeweils nur ein Teil der Eier ganz reif und dann abgelegt wird, so daß sich der Laichvorgang bei einem Individuum über einen längeren Zeitraum erstreckt.

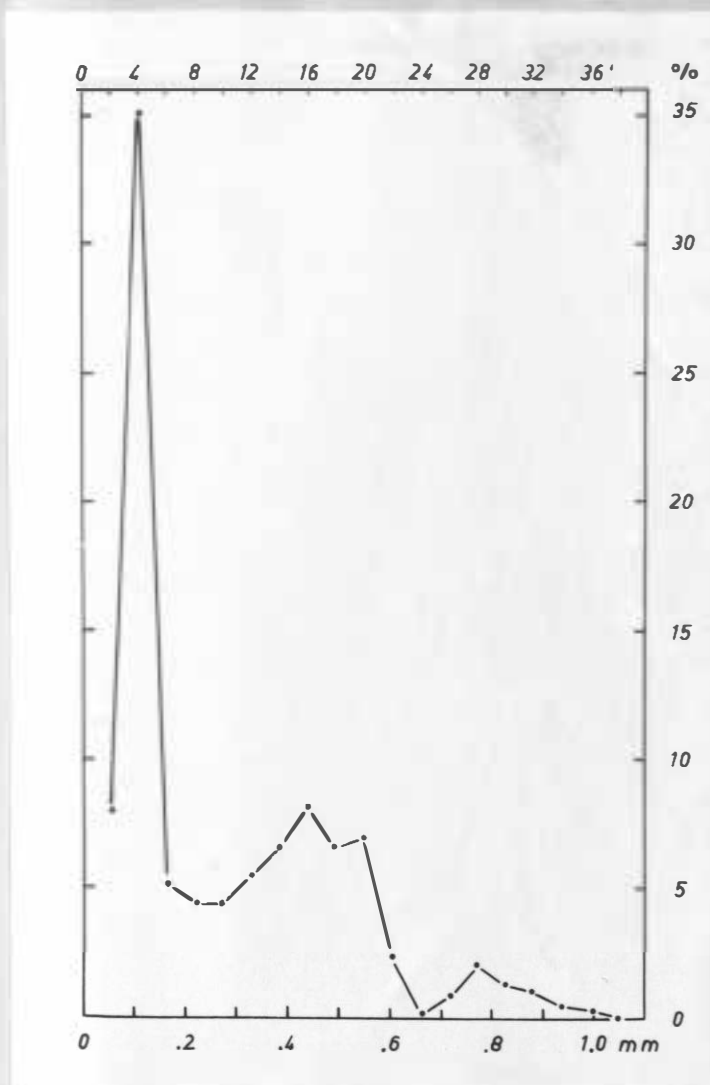


Abb. 9 - Häufigkeitsverteilung der Eidurchmesser
bei einer Makrele von 35 cm Länge und
Reifestadium V (Gonadengewicht 16,4 %)

Untersuchungen an verschiedenen Fischarten haben gezeigt, daß eine gewisse Relation zwischen Eizahl und Gewicht bzw. Länge besteht. Aus der Erfahrung bei der künstlichen Fischzucht wissen wir, daß bei den Süßwasserfischen auf 1 kg Körpergewicht des Rogners eine gewisse Anzahl von Eiern entfällt. Schon V. Franz (1910) und A.C. Simpson (1951) haben bei ihren Untersuchungen an der Scholle festgestellt, daß eine lineare Abhängigkeit zwischen Eizahl und Gewicht besteht; während V. Franz meinte, die Fruchtbarkeit steige mit dem Quadrat der Länge, wies A.C. Simpson nach, daß die Zunahme der Eizahl parallel der 3. Potenz der Länge erfolgt. Neuerdings wurde die Abhängigkeit der Eizahl vom Gewicht und der 3. Potenz der Länge auch für den Hering (R. Kändler und S. Dutt 1958) und einige weitere Plattfischarten (R. Kändler und W. Pirwitz 1955) nachgewiesen.

Den folgenden Berechnungen und Erörterungen liegen die Eizählungen an 21 Makrelen aus der südlichen Nordsee (Anfang Juli 1956) zugrunde. In Tab. 21 sind die beobachteten und daraus berechneten Daten für die Beziehungen zwischen Eizahl und Gewicht zusammengestellt, in Tab. 22 diejenigen für die Beziehungen zwischen Eizahl und Länge.

3. Beziehung zwischen Eizahl und Gewicht

Nach der Methode der kleinsten Quadrate wurde zunächst versucht, die Beobachtungsergebnisse durch eine lineare Gleichung

$$F = a + b \cdot G$$

zu approximieren, worin F die Fruchtbarkeit (in 1 000), a und b Konstanten und G das Gewicht (in g) darstellen. Entsprechend den Berechnungsformeln

$$a = \frac{1}{n} (\sum y - b \cdot \sum x)$$

und

$$b = \frac{n \cdot \sum xy - \sum x \sum y}{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

worin x die Körpergewichte, y die Eizahlen der einzelnen Fische darstellen, erhält man $a = 54,62$ und $b = 1,749$ und hieraus (abgerundet)

$$\text{Eizahl} = 54\,600 + 1\,749 \cdot G.$$

Nach dieser Formel wurde für jeden Fisch entsprechend seinem Gewicht die theoretische Eizahl berechnet und in Tab.21 eingetragen (5. Spalte). Die Differenzen gegenüber den beobachteten Werten (6. Spalte) sind zum Teil recht erheblich und betragen bis zu + 42 % und - 33 % der empirischen Werte. In Abb. 10 sind in einem Diagramm die Beobachtungswerte und die Regressionsgerade der obigen linearen Gleichung dargestellt.

Um die Strammheit dieser Abhängigkeit zu prüfen, wurde der Korrelationskoeffizient r berechnet. Nach der Formel

$$r = \pm \frac{\sum x \cdot y - 1/n \sum x \cdot \sum y}{n \cdot \sigma_x \cdot \sigma_y} \quad (\text{W. Johannsen 1926})$$

ergibt sich:

$$r = + 0,529 \pm 0,161.$$

Da der Korrelationskoeffizient größer ist als der dreifache mittlere Fehler (0,483), ist das Vorhandensein einer signifikanten Position erwiesen.

t-Test nach R.A. Fisher:

Bei der Prüfung der Frage, ob der Korrelationskoeffizient r "signifikant" oder "sehr signifikant" ist, kann auch der t-Test nach R.A. Fisher (1956) angewandt werden. In diesem Falle lautet die Formel für t:

$$t = \frac{r}{\sqrt{1 - r^2}} \sqrt{N - 2} = 2,72$$

21 - Beziehung zwischen Eizahl (F) und Gewicht (G) bei Nordsee-
Makrelen

age	Gewicht g	\bar{x} x 1000	F/G=K _g	F=a+b·G F=54600 +1749·G	Differenz beobachtet -berechnet	F=K _g ·G F=1919·G	Differenz beobachtet -berechnet
5	235	392	1 668	466	- 74	451	- 59
5	265	507	1 913	518	- 11	508	- 1
5	255	374	1 467	501	- 127	489	- 115
5	315	420	1 333	606	- 186	604	- 184
5	280	772	2 757	544	+ 228	537	+ 235
5	280	750	2 678	544	+ 206	537	+ 213
5	305	771	2 528	588	+ 183	585	+ 186
5	310	583	1 881	597	- 14	595	- 12
5	335	583	1 740	641	- 58	643	- 60
5	335	517	1 543	641	- 124	643	- 126
5	370	470	1 270	702	- 232	710	- 240
5	350	711	2 031	667	+ 44	671	+ 40
5	340	635	1 868	649	- 14	652	- 17
5	320	615	1 922	614	+ 1	614	+ 1
5	375	740	1 973	710	+ 30	719	+ 21
5	365	608	1 666	693	- 85	700	- 92
5	355	785	2 211	675	+ 110	681	+ 104
5	405	957	2 363	763	+ 194	777	+ 180
5	350	541	1 546	667	- 126	671	- 130
5	375	781	2 083	710	+ 71	719	+ 62
5	390	722	1 851	737	- 15	748	- 26
		Mittel	1 919	mittl.Abw.	± 130		± 130

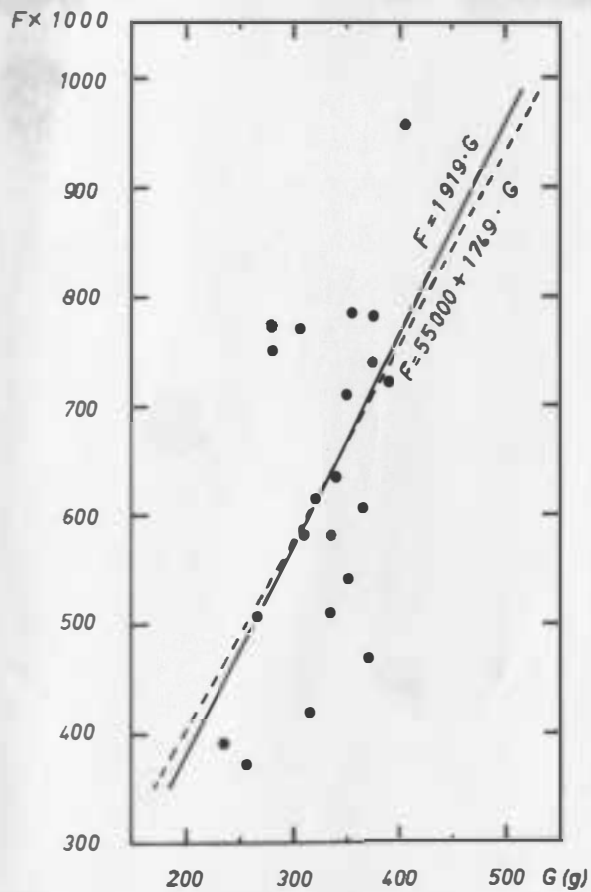


Abb. 10 - Beziehung zwischen Eizahl und Gewicht
der Makrele

Für $N - 2 = 19$ Freiheitsgrade hätte ein $t = 2,72$ nach E. Mittenecker (1952, Taf. IV) nur 1 - 2 % Zufallswahrscheinlichkeit; wir können also auch mit Hilfe des genaueren t-Testes sagen, daß unser r "sehr signifikant" ist.

Eine einfachere Methode, die auch A.C. Simpson (1951) bei der Nordseescholle anwandte, um die Beziehung zwischen Eizahl und Gewicht näher zu untersuchen, besteht darin, den Quotient $F/G = K_g$ zu berechnen. Damit wird angenommen, daß die Eizahl direkt proportional dem Gewicht ist, zwischen beiden also eine einfache Proportionalität besteht entsprechend der Beziehung

$$F = K_g \cdot G.$$

Wie die entsprechenden in die Tabelle 21 eingetragenen Werte zeigen, variiert dieser Quotient F/G erheblich, und zwar zwischen 1270 und 2757, jedoch unregelmäßig, ohne eine erkennbare deutliche Tendenz. Bei einigen Makrelen ging er sogar bis 710 herab. Diese wurden ausgeschieden, da zudem der Gonadenanteil am Gesamtgewicht unter 7 % lag, woraus der Schluß gezogen wurde, daß sie bereits mit dem Ablaichen begonnen hatten.

Zur Berechnung der theoretischen Eizahlen ist zunächst der Mittelwert für K_g festgestellt worden, der für die untersuchten 21 Exemplare 1 919 beträgt. Wenn dieser Wert jeweils mit dem Gewicht G eines Fisches nach der Formel $F = K_g \cdot G$ multipliziert wird, erhält man ebenfalls "theoretische" Eizahlen; sie sind in Tab. 21 (Spalte 7) eingetragen. Sie unterscheiden sich nur geringfügig von den mit Hilfe der Gleichung $F = a+b \cdot G$ berechneten und nicht weniger als diese von den beobachteten Werten (Spalte 8). Bei der Darstellung der Beziehungsgeraden $F = 1919 \cdot G$ im F - G -Diagramm (Abb.10) zeigt sich, daß diese nahezu mit der Beziehungsgeraden $F = 54\,600 + 1749 \cdot G$ zusammenfällt. Im Hinblick auf die große Streuung der empirischen Werte kann

man sich also durchaus mit der einfachen Proportionalität zwischen Eizahl und Gewicht begnügen und die Konstante a außer acht lassen. Das zeigt sich auch, wenn wir für jede der beiden theoretischen Zahlenreihen die mittlere Abweichung berechnen nach der Formel

$$\pm \sqrt{\frac{\sum a^2}{n-1}}$$

Sie beträgt in beiden Fällen (abgerundet) $\pm 130\,000 = 20\%$ der mittleren beobachteten Eizahl. Diese mittlere Abweichung ist ein Maß dafür, wie weit die beobachteten von den berechneten Eizahlen abweichen. Es ist also kein Unterschied, ob wir die einfache Formel oder die durch die Konstante a erweiterte Formel anwenden, die bedeutungslos ist, da sie sehr viel kleiner ist als die mittlere Abweichung.

4. Beziehung zwischen Eizahl und Länge

Nach einem mathematischen Gesetz verhalten sich die Volumina ähnlicher Körper wie die 3. Potenz einer ihrer Dimensionen. Man ist deshalb mit T.W. Fulton berechtigt anzunehmen, daß das Gewicht eines Fisches in annähernd linearer Beziehung zur 3. Potenz seiner Länge steht, woraus folgt, daß

$$F = K_1 \cdot L^3$$

ist. Die Größe L ist hier leider nicht auf mm, sondern auf den unteren cm bestimmt worden, weshalb als Ausgleich die Länge der Fische mit zusätzlich 0,5 cm angegeben wird. Da ein kurzes Stück einer schwach gebogenen Exponentialkurve näherungsweise durch eine Gerade ersetzt werden kann, und zwar im vorliegenden Fall im Bereich von 30-38 cm Länge, soll nachgeprüft werden, ob es genügt, die Beziehungen zwischen Eizahl und Länge durch eine einfache lineare Funktion zu approximieren.

Der Quotient $F/L = K_1$ variiert von rund 12 000 bis

27 000 (Tab.22). Wie die Tabelle 22 zeigt, nimmt der Faktor mit steigender Länge zu, ist also nicht konstant bzw. schwankt nicht um einen Mittelwert. Der zuverlässigste Weg, die Abhängigkeit der Eizahl von der Länge des Fisches zu ermitteln, bietet sich auch hier in der Berechnung der Ausgleichsgeraden nach der Formel $y = a + b \cdot x$. Man erhält

$$F = - 1\ 137\ 000 + 51\ 500 \cdot L$$

bzw.

$$F = 51\ 500 (L - 22,1).$$

Aus dieser Berechnungsformel läßt sich eine Größe ersehen, die annäherungsweise die Mindestgröße bei Eintritt der Fortpflanzungsfähigkeit angibt. Die Verlängerung der Geraden schneidet die Abszisse in einer Entfernung vom O-Punkt bei einem Wert, der diejenige Länge bezeichnet, bei der die Gleichung den Wert 0 für die Eizahl ergibt (Abb.11). Dieser Wert ist hier 22,1 cm, d.h. bei einer Länge von 22,1 cm müßte die Makrelle ohne Eier, also noch nicht geschlechtsreif sein; in Wirklichkeit ist die kleinste reife Makrele 28 cm lang. Diese Differenz nimmt nicht wunder, denn bei Eintritt der Geschlechtsreife kann die Eiproduktion nicht durch eine lineare Kurve $F = a + b \cdot L$ wiedergegeben werden; vielmehr weist der Verlauf der Kurve in diesem Bereich sicherlich entweder eine sehr starke Krümmung oder sogar eine Unstetigkeit auf.

Nach Feststellung des Mittelwertes $K_1 = 18\ 282$ wurden gemäß Formel $F = K_1 \cdot L$ die theoretischen Eizahlen und danach die mittlere Abweichung berechnet, die in diesem Falle $\pm 137\ 000 = 21,7\ \%$ der mittleren beobachteten Eizahl beträgt (Tab.22). Bei Anwendung der linearen Gleichung $F = a + b \cdot L$ beträgt die mittlere Abweichung $\pm 124\ 000 = 19,7\ \%$ der mittleren beobachteten Eizahl. Durch Verwendung des additiven Gliedes a wird also eine bessere Approximation der berechneten Eizahlen an die beobachteten erreicht. Das additive Glied $a = -1\ 137\ 000$ kann hier nicht vernachlässigt werden, da es fast zehnmal so groß ist wie die

b. 22 - Beziehung zwischen Elzahl (F) und Länge (L) bei Nordsee-
Makrelen

änge m	F x 1000	F/L=K ₁	F=a+b·L	Differenz beobachtet -berechnet	F=K ₁ ·L	Differenz beobachtet -berechnet
			F=51500(L-22,1)		F=18282·L	
,5	392	12 852	434	- 42	557	- 165
,5	507	16 095	485	+ 22	576	- 69
,5	374	11 873	485	- 111	576	- 202
,5	420	12 537	588	- 168	612	- 192
,5	583	17 403	588	- 5	612	- 29
,5	750	22 388	588	+ 162	612	+ 138
,5	771	23 015	588	+ 183	612	+ 159
,5	772	23 045	588	+ 184	612	+ 160
,5	470	13 623	640	- 170	631	- 161
,5	517	14 986	640	- 123	631	- 114
,5	583	16 899	640	- 57	631	- 48
,5	615	17 826	640	- 25	631	- 16
,5	635	18 406	640	- 5	631	+ 4
,5	711	20 609	640	+ 71	631	+ 80
,5	541	15 239	691	- 150	649	- 108
,5	608	17 127	691	- 83	649	- 41
,5	740	20 845	691	+ 49	649	+ 91
,5	785	22 113	691	+ 94	649	+ 136
,5	957	26 958	691	+ 266	649	+ 308
,5	722	19 253	794	- 72	685	+ 37
,5	781	20 827	794	- 13	685	+ 96
Mittel		18 282	mittl. Abw.	± 124		± 137

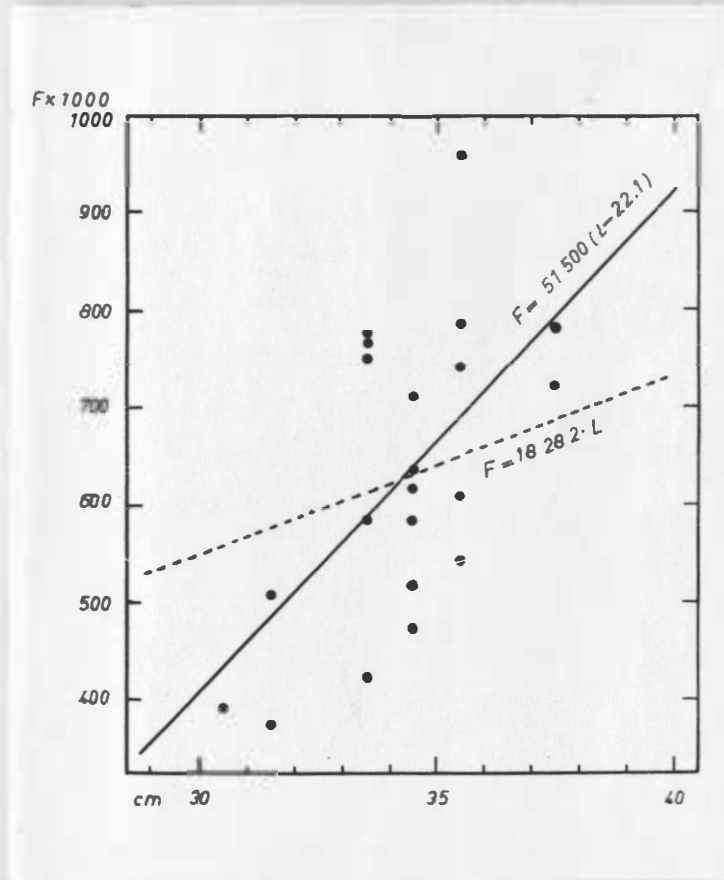


Abb. 11 - Beziehung zwischen Eizahl und Länge
der Makrele

mittlere Abweichung der beobachteten Werte von den theoretisch berechneten Werten. Daß die Annahme einer einfachen Proportionalität den tatsächlichen Verhältnissen weniger gut gerecht wird, kommt auch in der erheblich größeren mittleren Abweichung zum Ausdruck.

Der Korrelationskoeffizient für die Abhängigkeit der Eizahl von der Fischlänge beträgt

$$r = 0,535 \pm 0,158.$$

Da er größer ist als der dreifache mittlere Fehler, ist seine Signifikanz und damit eine lineare Beziehung zwischen der Eizahl und der Länge des Fisches erwiesen.

t-Test nach R.A. Fisher

Der t-Test nach R.A. Fisher ergibt hier einen r-Wert, der nach E. Mittenecker (1952) eine Zufallswahrscheinlichkeit von 1-2 % hat und somit ebenfalls den Beweis der Signifikanz erbringt:

$$t = \frac{r}{\sqrt{1-r^2}} \sqrt{N-2} = \underline{\underline{2,77.}}$$

Abschließend soll noch geprüft werden, ob eine bessere Approximation der theoretischen Werte erzielt werden kann, wenn man ihrer Berechnung die Gleichung

$$F = a + b \cdot L^3$$

zugrunde legt oder, in vereinfachter Form, eine einfache Proportionalität zwischen der Eizahl und der 3. Potenz der Länge annimmt entsprechend der Beziehung

$$F = b \cdot L^3,$$

wobei

$$b = F/L^3$$

ist, d.h. gleich der Eizahl. dividiert durch den Kubus der Länge. Die Ergebnisse dieser Berechnungen sind in Tab. 23 zusammengestellt, die in gewisser Hinsicht der Tab. 21 gleicht, mit dem Unterschied, daß statt des Gewichts (G)

- 73 -

23 - Beziehung zwischen Eizahl (F) und der 3. Potenz der Länge (L³)
bei Nordseemakrelen

$\frac{F}{x \cdot 1000}$	F/L^3	$F=a+b \cdot L^3$	Differenz beobachtet -berechnet	$=15492 \cdot L^3$	Differenz beobachtet -berechnet
		$F=19836 \cdot L^3$ -177000			
392	13 816	386	+ 6	440	- 48
507	16 221	443	+ 64	484	+ 23
374	11 966	443	- 69	484	- 110
420	11 172	569	- 149	582	- 162
583	15 507	569	+ 14	582	+ 1
750	19 949	569	+ 181	582	+ 168
771	20 508	569	+ 202	582	+ 189
772	20 535	569	+ 203	582	+ 190
470	11 446	638	- 168	636	- 166
517	12 590	638	- 121	636	- 119
583	14 197	638	- 55	636	- 53
615	14 977	638	- 23	636	- 21
635	15 464	638	- 3	636	- 1
711	17 314	638	+ 73	636	+ 75
541	12 092	710	- 169	693	- 152
608	13 590	710	- 102	693	- 85
740	16 540	710	+ 30	693	+ 47
785	17 546	710	+ 75	693	+ 92
957	21 391	710	+ 247	693	+ 264
722	13 691	869	- 147	817	- 95
781	14 810	869	- 88	817	- 36
Mittel	15 492	mittl. Abw.	± 129		± 125

die 3. Potenz der Länge (L^3) gesetzt ist, zwischen welchen Werten ~~ja~~ eine direkte lineare Beziehung besteht (vgl. S.63). Zunächst ist festzustellen, daß der Quotient F/L^3 erheblich, aber unregelmäßig schwankt, zwischen rd. 11 000 und 21 000 mit einem Mittelwert von 15492. Die damit berechneten theoretischen Eizahlen (7. Spalte) ergeben gegenüber den beobachteten Werten eine mittlere Abweichung von $\pm 125\ 000$. Bei Anwendung der Formel $F = a + b \cdot L^3$ ergibt sich die Gleichung

$$F = 19\ 836 \cdot L^3 - 177\ 000.$$

Die damit berechneten theoretischen Werte sind in Spalte 4 verzeichnet, sie ergeben eine mittlere Abweichung der beobachteten Werte von $\pm 129\ 000$. Diesen Berechnungen haftet eine beträchtliche Ungenauigkeit an, da die Länge der Fische nur auf den unteren cm bestimmt wurde und sich der mögliche Fehler der Längenangabe auf rund $\pm 0,4$ cm belaufen mag, was bei der Erhebung in die 3. Potenz erheblich ins Gewicht fallen kann. Trotzdem weichen die hierbei erhaltenen Werte der mittleren Abweichung nicht wesentlich von denen ab, die bei Annahme einer linearen Beziehung zwischen Eizahl und Länge und bei Zugrundelegung einer linearen Beziehung zwischen Eizahl und Gewicht gewonnen werden.

Somit erweisen sich die Eizahlen der Makrele als proportional dem Gewicht und der 3. Potenz der Länge des Fisches. Die Annahme einer linearen Beziehung zwischen Eizahl und Länge kann innerhalb des beschränkten Längenbereiches (30-37 cm) im Hinblick auf die starke Streuung der Einzelwerte ebenfalls als eine ausreichende Beschreibung der Beziehung zwischen beiden Größen angesehen werden.

5. Beziehung zwischen Eizahl und Gonadengewicht

Bei der Untersuchung der Beziehung zwischen Eizahl und Gesamtgewicht des Fisches wurde nachgewiesen, daß bei Zunahme des Gewichts auch die Eizahl in einem bestimmten Ver-

hältnis wächst. Eine ähnliche Relation kann man auch zwischen dem Gonadengewicht der Makrele und ihrer Eizahl feststellen. Einem größeren Gonadengewicht entspricht auch eine größere Eizahl. Zwecks Nachprüfung auch dieser Relation wurden alle 26 Tiere daraufhin untersucht, also auch die offensichtlich zum Teil abgelaichten. Die folgende Tab.24 und die graphische Darstellung 12 lassen erkennen, daß trotz großer Streuung der Einzelwerte die Eizahl (F) mit steigendem Gonadengewicht (G_{ov}) zunimmt.

Das Verhältnis Eizahl/Gonadengewicht ergibt Werte, die zwischen 8 000 und 24 000 schwanken. Die Relation ist also eine sehr lose, doch ist ein bestimmt gerichteter Gang mit Zunahme des Gonadengewichts nicht zu erkennen. Der Mittelwert beträgt 15 789.

Die Berechnung der theoretischen Eizahlen vollzieht sich im wesentlichen wie bei den oben behandelten Relationen (F/K_g , F/K_1). Der Mittelwert K_{ov} beträgt in diesem Falle 15 789, multipliziert mit dem jeweiligen Gonadengewicht (G_{ov}) ergibt er die theoretischen Eizahlen (nach der Formel $F = K_{ov} \cdot G_{ov}$). Die mittlere Abweichung beträgt $\pm 176\ 000 = 30,6\%$ der mittleren beobachteten Eizahl (Tab.24, Spalte 7).

Die nach der Formel $F = a + b \cdot G_{ov}$ erhaltene lineare Gleichung lautet:

$$F = 248\ 000 + 8\ 640 \cdot G_{ov}.$$

Die hiermit berechneten theoretischen Eizahlen sind ebenfalls in die Tabelle 24 (Spalte 5) eingetragen. Aus den Differenzen zwischen ihnen und den empirischen Werten ergibt sich eine mittlere Abweichung von $\pm 147\ 000 = 25,65\%$ der mittleren beobachteten Eizahl. Da in diesem Falle a größer ist als die mittlere Abweichung, ist die Annahme einer einfachen Proportionalität eine wesentlich schlechtere Approximation, was auch in einer erheblich höheren mittleren Abweichung zum Ausdruck kommt.

Tab. 24 - Beziehung zwischen Eizahl (F) und Gonadengewicht (G_{ov})
bei Nordsee-Makrelen

Gonadenge- wicht G_{ov} g % des Fischgew.		F x 1000	$F/G_{ov}=K_{ov}$	$F=a+b \cdot G_{ov}$	Differenz beobachtet - berechnet	$F=K_{ov} \cdot G_{ov}$	Differenz beobachtet - berechnet
				$F=248000+8640 \cdot G_{ov}$		$F=15789 \cdot G_{ov}$	
16	5,2	220 ⁺	13 750	386	- 166	253	- 33
22	4,9	321 ⁺	14 591	438	- 117	347	- 26
22	8,6	374	17 000	438	- 64	347	+ 27
23	7,3	420	18 261	447	- 27	363	+ 57
26	11,1	392	15 077	473	- 81	410	- 18
27	10,2	507	18 778	481	+ 26	426	+ 81
30	8,3	287 ⁺	9 567	507	- 220	474	- 187
31	8,8	541	17 452	516	+ 25	489	+ 52
32	11,4	772	24 125	524	+ 248	505	+ 267
33	7,9	348 ⁺	10 545	533	- 185	521	- 173
33	8,5	722	21 879	533	+ 189	521	+ 201
33	10,8	771	23 364	533	+ 238	521	+ 250
34	10,1	583	17 147	542	+ 41	537	+ 46
35	11,3	583	16 657	550	+ 33	553	+ 30
35	10,9	615	17 571	550	+ 65	553	+ 62
36	10,7	517	14 361	559	- 42	568	- 51
40	14,3	750	18 750	594	+ 156	631	+ 119
40	10,7	781	19 525	594	+ 187	631	+ 150
40	11,3	785	19 625	594	+ 191	631	+ 154
43	11,6	470	10 930	619	- 149	679	- 209
51	15,0	635	12 451	689	- 54	805	- 170
54	14,4	740	13 704	714	+ 26	852	- 112
58	16,6	711	12 259	749	- 38	916	- 205
60	13,2	497 ⁺	8 283	766	- 269	947	- 450
60	16,4	608	10 133	766	- 158	947	- 339
65	16,0	957	14 723	810	+ 147	1 026	- 69
Mit- tel	11,0		15 789	mittl. Abw.	± 147		± 176

Die mit ⁺ versehenen Individuen wurden bei der Untersuchung der Beziehungen zwischen Eizahl und Gewicht bzw. Länge ausgelassen, da sie offensichtlich bereits mit dem Ablaichen begonnen hatten.

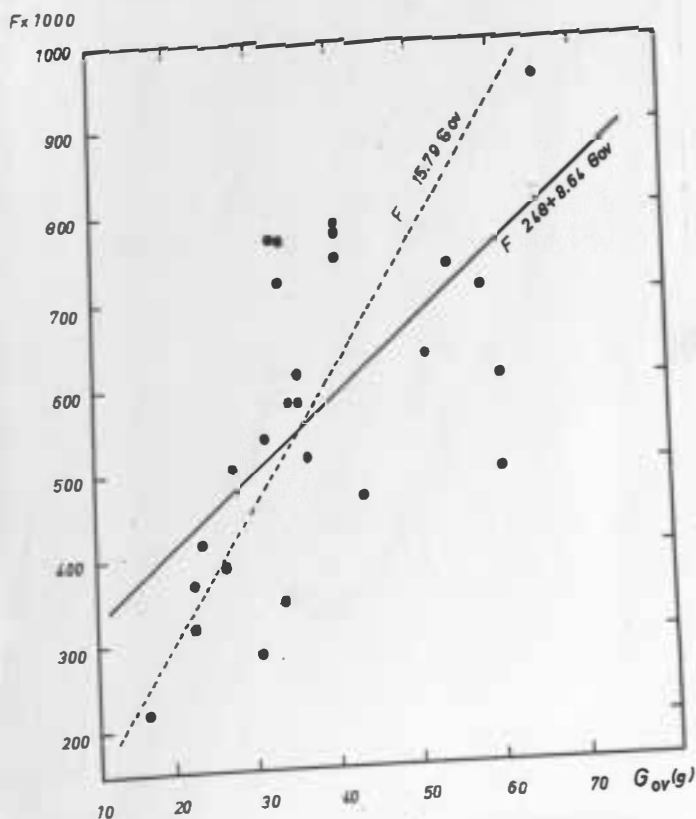


Abb. 12 - Beziehung zwischen Eizahl und Gonadengewicht
der Makrele
 (F in 1 000)

Der Korrelationskoeffizient $r = + 0,610 \pm 0,140$ ist größer als der dreifache mittlere Fehler (0,420), womit der Beweis der Signifikanz des Korrelationskoeffizienten gegeben ist.

t-Test nach R.A. Fisher:

Auch der t-Test nach R.A. Fisher ergibt einen r-Wert, der als "sehr signifikant" zu bezeichnen ist:

$$t = \frac{r}{\sqrt{1 - r^2}} \sqrt{N - 2} = \underline{\underline{3,82.}}$$

Zusammenfassend kann gesagt werden: Wenn eine einfache Proportionalität zwischen Eizahl und Gewicht vorausgesetzt wird, ergibt die Berechnung nach der Formel $F = 1\,919 \cdot G$, daß innerhalb des Beobachtungsbereiches auf 1 g Körpergewicht der Makrele rund 1 920 Eier entfallen:

einem Gewicht von 250 g entsprechen rd. 480 000 Eier,
einem Gewicht von 400 g entsprechen rd. 768 000 Eier,
d.h. bei Zunahme des Gewichts um 10 g vergrößert sich die Eizahl um rund 19 200.

Bei der Beziehung zwischen Eizahl und Länge ergeben sich innerhalb des Beobachtungsbereiches von 30 bis 37 cm unter Zugrundelegung der Formel $F = 51\,500 (L - 22,1)$ folgende Werte:

einer Länge von 30 cm entsprechen rund 410 000 Eier,
einer Länge von 35 cm entsprechen rund 670 000 Eier,
einer Länge von 40 cm entsprechen rund 925 000 Eier,
d.h. bei Zunahme der Länge um 1 cm vergrößert sich die Eizahl um rund 51 500.

Mit Bezug auf die Beziehung zwischen Eizahl und Gonadengewicht ergibt sich nach der Gleichung $F = 248\,000 + 8\,640 \cdot G_{ov}$:

einem Gonadengewicht von 20 g entsprechen	rd. 420 000 Eier,
einem Gonadengewicht von 40 g entsprechen	rd. 590 000 Eier,
einem Gonadengewicht von 65 g entsprechen	rd. 810 000 Eier,

Reifestadium IV-V mit einem Anteil des Gonadengewichts am Gesamtgewicht von im Mittel 11 % vorausgesetzt. Einem um 1 g höheren Gonadengewicht entspricht eine um 8 640 höhere Eizahl.

Verglichen mit meinen Untersuchungsergebnissen, sind die Angaben E. Ehrenbaums (1936), daß die Eizahlen 350 000 bis 450 000 betragen, zu niedrig gegriffen:

kleinste von mir beobachtete Eizahl: 374 000 (31 cm),
größte von mir beobachtete Eizahl: 957 000 (35 cm).

Z u s a m m e n f a s s u n g

Die Bildung von Schuppen erfolgt im ersten Lebensjahr, und war bereits im Herbst des Geburtsjahres bei einer Länge von 8-10 cm. Die Benutzung von Schuppen zur Altersbestimmung ist wegen der schwierigen Entnahme, wegen der Regenerierung abgefallener oder beschädigter Schuppen sowie der Notwendigkeit einer großen Menge an Material unzweckmäßig; die Altersbestimmung an Hand von Otolithen ist vorzuziehen.

*

Die Aufbewahrung der Otolithen in Methylbenzoat ermöglicht eine gute Lesbarkeit der Jahresringe. 1 849 Altersbestimmungen von insgesamt 12 018 gemessenen Exemplaren, die während der Monate Februar/März, Juni/Juli, August/September und Oktober 1956 in der nördlichen, mittleren und südlichen Nordsee gefangen wurden, ergeben die folgenden durchschnittlichen Längen der Altersgruppen I-IX zur Laichzeit im Frühsommer:

Altersgruppe	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Mittl. Länge (cm)	20,1	26,3	30,6	33,8	35,0	35,7	36,2	38,2	42,2
Variationsgrenze (cm)	16-26	24-29	27-34	30-36	31-36	33-37	33-39	36-40	41-43
Anzahl	1 012	39	399	152	93	88	42	18	5

Die Reife tritt am Ende des dritten Lebensjahres bei beiden Geschlechtern ein bei einer Länge von wenigstens 30 cm; nur wenige Männchen reifen bei kleinerer Größe. Nach Erreichen der Reife nimmt das Wachstum ständig ab. Infolgedessen zeichnen sich nur die Altersgruppen I, II und III in der Längenverteilung als einzelne, deutlich getrennte Maxima ab, während die älteren Altersgruppen ab IV sich in einem einzigen ausgedehnten Maximum konzentrieren, das

langsam bis zu den größten Größen ausläuft. Um dieses aufzuzeigen, ist in Abb. 3 die Längen- und Altersverteilung im Februar/März 1956 (nördliche Nordsee), im Juni/Juli 1956 (mittlere und südliche Nordsee), August/September 1956 (mittlere und südliche Nordsee) und im Oktober 1956 (mittlere und nördliche Nordsee) graphisch dargestellt. Auf offener See werden Fische im ersten Lebensjahr mit dem Trawl im allgemeinen nur in kleineren Mengen gefangen. Bei Marktfängen aus der Nordsee, dem Kattegat und der westlichen Ostsee während der Sommer- und Herbstmonate stellen die immer wieder beobachteten Häufungen der Längen bei 26-27 cm, 29-31 cm und 33-36 cm die Altersgruppen II, III und IV+ (einschl. der älteren) dar.

Als Ergebnis der während des Jahres 1956 unternommenen Fahrten in die Nordsee im Hinblick auf die besten Fangplätze können folgende Gebiete genannt werden:

im Frühjahr:	parallel zur norwegischen Küste zwischen Udsire-Grund und Wiking-Bank;
im Sommer:	nördlich von Long Forties (Aberdeen), Fladengrund und südlich der Doggerbank;
im Spätsommer und Herbst:	westliche und südliche Doggerbank.

*

Die Unterschiedlichkeit des Längengewichtskoeffizienten wird durch die Jahreszeit, den Ernährungs- und den Ernährungszustand bestimmt. Er schwankt bei auf See in frischem Zustand untersuchten Makrelen zwischen 0,74 und 0,95 und erreicht nach reichlicher Nahrungsaufnahme seine höchsten Werte im September; durch Lagerung auf Eis mit etwas Salz an Bord verlieren die Fische etwas Wasser, und der Längengewichtskoeffizient wird verringert.

*

Für die Hautmusterung der Makrele ist die parallele Anlage von Streifen quer über den Rücken typisch, die vermutlich mit den Muskelsegmenten korrespondieren. Diese Bänderung ist jedoch in der Regel mehr oder minder gestört durch Querverbindungen, Verzweigungen und Ausfall von Teilstücken, meist unsymmetrisch zur Rückenlinie.

*

Die zur Altersbestimmung benutzten, auf See gefangenen 1 849 sowie 334 Seefischmarkt-Makrelen dienten auch der näheren Untersuchung des Geschlechtsverhältnisses und der Reife.

Es wurde ein Überwiegen der Männchen über die Weibchen festgestellt (54,7 % : 45,3 % in den Fängen mit "Anton Dohrn"). In Beziehung zur Länge sind die Geschlechtsverhältnisse unterschiedlich; bis 30 cm Länge überwiegen die Männchen in noch stärkerem Maße mit 58,3 %, von 31 cm ab jedoch die Weibchen mit 53,4 %. Die größten Tiere sind Männchen (45-46 cm), Weibchen sind nur bis 43 cm vorhanden. Die mit dem Forschungsschiff gefangenen Makrelen zeigen mit einer Ausnahme der im Juni/Juli zur Laichzeit in der mittleren und südlichen Nordsee gefischten Tiere ein Überwiegen der Männchen; bei den Marktfängen überwiegen durchgehend die Männchen.

Hinsichtlich der Wassertiefe wurde festgestellt, daß der Prozentsatz der Männchen auf tiefer gelegenen Fangplätzen etwas größer war als in flacherem Wasser.

An 1 889 Makrelen wurden exakte Wägungen der Gonaden vorgenommen. Der Anteil des Gonaden- am Gesamt-Fischgewicht beträgt unter 2 % für juvenile, in Ruhe stehende und abgelaichte, 2-20 % für reifende und laichende Makrelen (Tab.17, 18, 19). Als höchster Prozentsatz wurde 20 % festgestellt.

Die Fruchtbarkeit der Makrele wurde an 21 weiblichen Exemplaren der Stadien IV-V bestimmt. Das Zählen der Eier, die in der bevorstehenden Laichzeit abgelaicht werden sollen, ist ziemlich schwierig, da die Eier nicht zur selben Zeit reifen und das Ablaichen sich über einen längeren Zeitraum erstreckt, so daß Eier von verschiedenen Größen gefunden werden. Die Zahl der Eier schwankt zwischen 374 000 (31 cm) und 957 000 (35 cm). Die Fruchtbarkeit wurde proportional dem Gewicht (in g) des Fisches gemäß der Formel $F = 1919 \cdot G$ wie auch proportional der 3. Potenz der Länge (in cm) gemäß der Formel $F = 15\,492 \cdot L^3$ gefunden. Im Hinblick auf die starke Streuung der Einzelwerte kann die lineare Beziehung zwischen Eizahl und Länge gemäß der Formel $F = 51\,500 (L - 22,1)$ ebenfalls als eine ausreichende Annäherung angesehen werden.

Die durchschnittliche Eizahl für einen Fisch von 250 g (31,5 cm) beträgt 480 000 und für einen Fisch von 400 g (37 cm) 768 000.

Bei der Beziehung zwischen Eizahl und Gonadengewicht ergeben sich gemäß der Formel $F = 248\,000 + 8\,640 \cdot G_{ov}$ bei einem Gonadengewicht von 20 g als durchschnittliche Eizahl 420 000, bei einem Gonadengewicht von 65 g 810 000, Reifestadium IV-V mit einem durchschnittlichen Anteil des Gonadengewichts am Gesamtgewicht von 11 % vorausgesetzt.

Literaturverzeichnis

- Corbin, P.G. (1947): The Spawning of Mackerel, *Scomber scombrus* L. and Pilchard, *Clupea pilchardus* Walb., in the Celtic Sea in 1937-39. Journ. Mar. Biol. Ass. Plymouth, Vol.27
- Dannevig, A. (1956): The Influence of Temperature on the Formation of Zones in Scales and Otoliths of Young Cod. Fiskeridirektoratets Skrifter, Serie Havundersøkelser, Vol.XI, Nr.7
- Dannevig, E.H. (1956): Chemical Composition of the Zones in Cod Otoliths. Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer, Vol.XXI, Nr.2
- Dannevig, G. (1948): Spawning and Growth of Young Mackerel on the Norwegian Skagerak Coast. Journal du Conseil, Vol.XV, Nr.1, S.218
- (1953): Tagging experiments on mackerel in Norwegian waters. Cons. Int. Expl. Mer, Ann. Biol. Vol.9, S.137
- Demir, M., und A.Acara (1955): Biological and hydrografical factors controlling the migration of mackerel from the Black Sea to the Sea of Marmara. Conseil général des pêches pour la Méditerranée. Debats et documents techniques Nr.3
- Devedjian, K. (1926) Pêche et pêcheries en Turquie. Konstantinopel
- Ehrenbaum, E.(1905/09): Eier und Larven von Fischen. Nordisches Plankton, Zool. Teil, Bd.1
- (1907): Über Eier und Jugendformen der Seezunge und anderer im Frühjahr laichender Fische der Nordsee. Wiss. Meeresunters. Abt. Helgoland, Bd.8
- (1912): Report on the Mackerel. Cons. Int. Expl. Mer, Rapp. Proc.-Verb., Vol.14
- (1914): The Mackerel and the Mackerel fishery. Cons. Int. Expl. Mer, Rapp. Proc.-Verb., Vol.18
- (1921): Über die Makrele. Wiss. Meeresunters. Abt. Helgoland, Bd.15
- (1923): The Mackerel, Spawning, Larval and Post-larval Forms, Age-Groups, Food, Enemies. Cons. Int. Expl. Mer, Rapp. Proc.-Verb., Vol.30

- Ehrenbaum, E. (1936): Naturgeschichte und wirtschaftliche Bedeutung der Seefische Nordeuropas. Handbuch der Seefische Nordeuropas, Bd.2
- Fisher, R.A. (1955): Statistische Methoden für die Wissenschaft. Edinburgh und London (Deutsche Übersetzung)
- le Gall, J. (1939): Quelques résultats des recherches faites sur la biologie du maquereau de l'Atlantique. Cons. Int. Expl. Mer, Rapp. Proc.-Verb., Vol.111
- Immermann, F. (1908): Die innere Struktur der Schollen-Otolithen. Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen Helgoland, Bd.8, H.2
- Johannsen, W. (1926): Elemente der exakten Erblchkeitslehre. Fischer-Verlag, Jena
- June, Fred G. (1953): Spawning of Yellowfin Tuna, in Hawaiian Waters. Fish. Bull. U.S. Vol.54
- Kändler, R. (1954): Über das Laichen der Makrele (*Scomber scombrus* L.) in der Kieler Bucht. Kieler Meeresforschungen, Bd.10, H.2, S.182-201
- Kändler, R., und W.Pirwitz
(1957): Über die Fruchtbarkeit der Plattfische im Nordsee-Ostsee-Raum. Kieler Meeresforschungen, Bd.8, H.1, S.11-34
- Kändler, R., and S.Dutt
(1958): Fecundity of Baltic Herring. Rapp. et Proc.-Verb. Vol.143, II. Cons. Int. Explor. de la Mer
- Lissner, H. (1925): Die Altersbestimmung beim Hering mit Hilfe der Otolithen. Berichte der Deutschen Wissenschaftlichen Kommission für Meeresforschung, Berlin, Neue Folge, Bd.1, S.181
- (1937): Zur Biologie der Makrele des Bosphorus. Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie, Bd.38, S.184-212
- (1939): Über die Makrele des Adriatischen Meeres. Thalassia, Vol.III, Nr.8
- Lühmann, M. (1956): Über die Fettspeicherung bei der Makrele (*Scomber scombrus* L.). Archiv für Fischereiwissenschaft, Jg.7, H.1, S.61-74
- Mittenecker, E. (1952): Planung und statistische Auswertung von Experimenten. Verlag Franz Deuticke, Wien

- Möbius, K., und Fr. Heincke
(1883): Die Fische der Ostsee
- Mohr, E.W. (1929): Scombriformes. In: Tierwelt der Nord- und Ostsee, Pisces
- Moore, J.P. (1897): The Utility and methods of mackerel propagation. Bulletin of the United States Fish Commission, Vol.XVII, S.353-361
(1898): Report to the biology of the mackerel. United States Fish Commission, Report pt. 24, S.1-22
- Nikolski, G.W. (1957): Spezielle Fischkunde. Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin
- Nilsson, D. (1914): A contribution to the biology of the Mackerel. Cons. Int. Expl. Mer, Publ. de Circonst., Nr.69
- Nümann, W. (1954): Über die Möglichkeiten einer Altersbestimmung an Makrelen auf Grund des Schuppen- und Otolithenbildes. Istanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Hidrobiyoloji Araştırma Enstitüsü Yayınlarından Serie B, Bd.2
(1955): Die Makrele (*Scomber scombrus*) des Schwarzen Meeres, des Bosphorus und der Marmara. Ser. B, Bd.III, Nr.4, Istanbul
- Sette, O.E. (1950): Biology of the Atlantic Mackerel (*Scomber scombrus*) of North America, Part I: Early life history, including the Growth, drift, and mortality of the egg and larval populations, Vol.50, Washington 1943. - Biology of the Atlantic Mackerel (*Scomber scombrus*) of North America, Part II: Migrations and Habits, Vol.51, Washington 1950
- Slastenenko, E.
(1955-1956): Karadeniz Havzası Balıkları (The Fishes of the Black Sea Basin). Hrsg. Et ve Balık Kurumu Umum Müdürlüğü Yayınlarından, Istanbul (Türkische Übersetzung)
- Steven, G.A., and P.G. Corbin
(1939): Mackerel investigations at Plymouth. Cons. Int. Expl. Mer, Rapp. Proc.-Verb., Vol.111

L e b e n s l a u f

Am 1. März 1928 wurde ich, Erdal Aker, als Sohn des Generalleutnants Selâhattin Aker in Sebinkarahisar (Türkei) geboren und im Elternhaus mohammedanisch erzogen. Ich bin türkischer Staatsbürger.

Bis zum Jahre 1939 besuchte ich in Havza (Türkei) die Volksschule, wurde dann in die Mittelschule und später in das Gymnasium in Ankara umgeschult. Die Reife wurde mir im Jahre 1948 zuerkannt.

Anschließend studierte ich zwei Semester Jura an der Universität Ankara, um dann anderthalb Jahre in der türkischen Armee als Reserve-Leutnant zu dienen. Nach meiner Entlassung aus der Armee habe ich im türkischen Zollministerium in Ankara als Beamter gearbeitet.

Im Jahre 1952 bin ich nach Deutschland gekommen, um Fischereibiologie und Meereskunde zu studieren. Nach einem Semester Fischereibiologie und Zoologie an der Universität Hamburg siedelte ich nach Kiel über, wo ich dann an der Christian-Albrechts-Universität mein Studium fortsetzte.

Seit dem Wintersemester 1953 habe ich zehn Semester Meereskunde, Fischereibiologie, Zoologie, Limnologie und Botanik studiert. Vor zweieinhalb Jahren begann ich mit der Abfassung der vorliegenden Dissertation unter Anleitung von Herrn Prof. Dr. Rudolf Kändler am Institut für Meereskunde.

Meine akademischen Lehrer waren die Herren Professoren und Dozenten: Herre, Hoffmann, Kändler, Krey, Lenz, Ohle, Overbeck, Remane, Schlieper, Wüst.